



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“CONSERVACIÓN DE MORA, UVILLA Y FRUTILLA
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE
CANELA (*Cinnamomum zeynalicum*)”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

BIOQUÍMICO FARMACEÚTICO

PRESENTADO POR

MARÍA VERÓNICA GONZÁLEZ CABRERA

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

DEDICATORIA

A dos seres extraordinarios, mis Padres quienes con su apoyo, dedicación, y paciencia incondicional me motivaron a culminar mi carrera, siendo pilares fundamentales en mi educación espiritual y profesional. A mi hermano Cristhian, por brindarme su apoyo, y por siempre creer en mí. A mi hermana Alexandra que desde el cielo ha sido mi apoyo a cada instante. Gracias por todo. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento incondicional a mi Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Mi eterna gratitud y sincero agradecimiento a la Dra. Olga Lucero, por su valiosa dirección durante el desarrollo y culminación de la presente investigación. A la Dra. Janneth Gallegos, por su valiosa colaboración incondicional brindada en el desarrollo de la investigación.

Y a todas las personas que colaboraron de cualquier manera para la culminación de este trabajo de investigación

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que El trabajo de investigación: “CONSERVACIÓN DE MORA, UVILLA Y FRUTILLA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeynalicum*)”, de responsabilidad de la señorita egresada María Verónica González Cabrera, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Yolanda Días DECANA FAC. CIENCIAS	-----	-----
Dr. Luis Guevara DIRECTOR ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA	-----	-----
Dra. Olga Lucero DIRECTOR DE TESIS	-----	-----
Dra. Janneth Gallegos MIEMBRO DEL TRIBUNAL	-----	-----
Tc. Carlos Rodriguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	-----	-----
NOTA DE TESIS	-----	

Yo, **María Verónica González Cabrera** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados, expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la tesis de grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

MARIA VERÓNICA GONZÁLEZ CABRERA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AOAC	Association of Oficial Analytical Chemist
°C	Grados Celsius
d	Dilución
g	Gramos
gL	Grados de libertad
HCl	Ácido clorhídrico
INCOTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
min	Minuto
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetros
<i>n</i>	Número de placas contadas
N	Normalidad
N°	Número
NaOH	Hidróxido de sodio
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
NTC	Norma Técnica Colombiana
PDA	Potato Dextrose Agar
pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
T	Temperatura
Text	Textura
UPC	Unidades propagadoras de colonias
V	Volumen
%	Porcentaje

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

1.	Marco teórico	13
1.1.	Mora de castilla.....	13
1.1.1.	Origen e historia.....	13
1.1.2.	Taxonomía de la mora.....	14
1.1.3.	Características botánicas de la mora.....	14
1.1.4.	Especies de mora	16
1.1.5.	Composición nutricional de la mora	17
1.1.6.	Requisitos climáticos para el cultivo de mora.....	18
1.1.7.	Ciclo de cultivo de la mora	18
1.1.8.	Métodos de propagación de la mora	18
1.1.8.1.	Punta terminal o acodo de puntas.....	18
1.1.8.2.	Estacas.....	19
1.1.9.	Plagas y enfermedades de la mora.....	19
1.1.9.1.	Plagas.....	19
1.1.9.2.	Enfermedades.....	20
1.1.10.	Usos de la mora.....	21
1.1.11.	Zonas de producción de mora en el Ecuador.....	22
1.1.11.1.	Mora de castilla.....	22
1.1.11.2.	Mora variedad brazos.....	23
1.1.12.	Importancia económica del cultivo de mora.....	23
1.1.13.	Comercialización de la mora.....	24
1.2.	Uvilla o uchuva (<i>Physalis peruviana</i>).....	24
1.2.1.	Origen e historia.....	24
1.2.2.	Taxonomía de la uvilla.....	25
1.2.3.	Características botánicas de la uvilla.....	25
1.2.4.	Especies de uvilla.....	27
1.2.5.	Composición nutricional de la uvilla.....	28
1.2.6.	Requisitos climáticos para el cultivo de uvilla.....	28
1.2.7.	Ciclo de cultivo de la uvilla.....	29
1.2.8.	Métodos de propagación de la uvilla.....	30
1.2.9.	Sistema de siembra.....	32
1.2.10.	Plagas y enfermedades de la uvilla.....	32
1.2.10.1.	Plagas.....	32
1.2.10.2.	Enfermedades.....	33
1.2.11.	Usos de la uvilla.....	34
1.2.12.	Zonas de producción de uvilla en el Ecuador.....	34
1.2.13.	Importancia económica del cultivo de uvilla.....	34
1.2.13.1.	Mercado nacional.....	35
1.2.13.2.	Mercado internacional.....	35
1.2.14.	Comercialización de la uvilla.....	36

1.3.	Frutilla (<i>fragaria sp</i>).....	37
1.3.1.	Origen e historia.....	37
1.3.2.	Taxonomía de la frutilla.....	38
1.3.3.	Características botánicas de la frutilla.....	38
1.3.4.	Especies de frutilla.....	40
1.3.4.1.	Variedades de día corto.....	40
1.3.4.2.	Variedades de día neutro.....	40
1.3.4.3.	Principales variedades cultivadas.....	40
1.3.5.	Composición nutricional de la frutilla.....	42
1.3.6.	Requisitos climáticos para el cultivo de frutilla.....	43
1.3.7.	Ciclo de cultivo de la frutilla.....	45
1.3.8.	Métodos de propagación de la frutilla.....	45
1.3.9.	Sistema de siembra.....	46
1.3.10.	Plagas y enfermedades de la frutilla.....	47
1.3.11.	Usos de la frutilla.....	50
1.3.12.	Zonas de producción de frutilla en el Ecuador.....	51
1.3.13.	Importancia económica del cultivo de frutilla.....	52
1.3.14.	Comercialización de la frutilla.....	53
1.4.	Fisiología de las frutas.....	53
1.4.1.	Desarrollo fisiológico.....	53
1.4.1.1.	Crecimiento.....	54
1.4.1.2.	Maduración.....	54
1.4.1.3.	Senescencia.....	55
1.4.2.	Transformaciones químicas durante la maduración.....	55
1.4.2.1.	Color.....	55
1.4.2.2.	Hidratos de carbono.....	55
1.4.2.3.	Ácidos orgánicos.....	56
1.4.2.4.	Aroma.....	56
1.5.	Control de calidad de frutas.....	56
1.5.1.	Concepto de calidad.....	56
1.5.2.	Control de calidad.....	56
1.5.2.1.	Color.....	57
1.5.2.2.	Textura.....	57
1.5.2.3.	Tamaño.....	57
1.5.2.4.	Acidez.....	57
1.5.2.5.	Grados brix.....	57
1.5.2.6.	Porción comestible.....	58
1.5.2.7.	Índice de madurez.....	58
1.5.2.8.	Ausencia de daños internos y externos de la fruta.....	58
1.5.2.9.	Normas de comercialización.....	58
1.6.	Factores que inciden en el manejo postcosecha.....	58
1.6.1.	Anteriores a la recolección.....	58
1.6.1.1.	Suelo.....	58
1.6.1.2.	Clima.....	59
1.6.1.3.	Condiciones culturales.....	59
1.6.1.4.	Abonado.....	59
1.6.1.5.	Poda.....	60
1.6.1.6.	Tratamientos fitosanitarios.....	60
1.6.1.7.	Cuidados en la recolección.....	60
1.6.2.	Factores posteriores a la recolección.....	61

1.6.2.1.	Manejo del producto.....	61
1.6.2.2.	Microorganismos.....	62
1.6.3.	Factores fisiológicos.....	63
1.6.3.1.	Respiración.....	63
1.6.3.2.	Transpiración.....	64
1.7.	Conservación de los alimentos.....	65
1.7.1.	Conservación frigorífica.....	66
1.7.2.	Conservación en atmósferas controladas/modificadas.....	66
1.7.3.	Conservación por calor.....	67
1.7.4.	Conservación utilizando irradiación.....	67
1.7.5.	Reducción de la actividad de agua (aw).....	67
1.7.6.	Aplicación de métodos combinados.....	67
1.7.7.	Conservación química.....	68
1.8.	Conservantes naturales.....	68
1.8.1.	Aceites esenciales.....	69
1.8.1.1.	Localización.....	70
1.8.1.2.	Función.....	70
1.8.1.3.	Extracción y aislamiento.....	71
1.8.1.4.	Factores de variabilidad de los aceites esenciales.....	72
1.8.1.4.1.	Quimiotipos.....	72
1.8.1.4.2.	Influencia del ciclo vegetativo.....	72
1.8.1.4.3.	Influencia de los factores extrínsecos.....	72
1.8.1.4.4.	Influencia del proceso de obtención.....	73
1.8.2.	Control de calidad de aceites esenciales.....	73
1.8.3.	Toxicidad de los aceites esenciales.....	73
1.8.4.	Métodos para evaluar la actividad antimicrobiana de aceites esenciales...	74
1.8.4.1.	Método de difusión en agar.....	74
1.8.4.2.	Método de dilución.....	75
1.9.	Canela.....	76
1.9.1.	Clasificación científica de la canela.....	76
1.9.2.	Hábitat y características botánicas de la canela.....	77
1.9.3.	Composición química de la canela.....	77
1.9.4.	Usos de la canela.....	78
1.10.	Aceite esencial de canela.....	78
1.10.1.	Descripción.....	79
1.10.2.	Conservación.....	79
1.10.3.	Principios activos.....	79
1.10.4.	Uso terapéutico.....	79
1.10.5.	Toxicidad del aceite esencial de canela.....	80
1.10.6.	Efecto antifúngico del aceite esencial de canela.....	80
2.	Parte experimental.....	82
2.1.	Lugar de investigación.....	82
2.2.	Materiales, equipos y reactivos.....	82
2.2.1.	Material vegetal.....	82
2.2.2.	Equipos.....	83
2.2.3.	Reactivos.....	84
2.2.4.	Medios de cultivo.....	84
2.3.	Métodos.....	84
2.3.1.	Fase experimental.....	84
2.3.1.1.	Caracterización físico - químico de las frutas.....	84

2.3.1.2.	Análisis microbiológico de la fruta fresca y tratada con aceite esencial de canela.....	86
2.3.1.3.	Determinación de los hongos causantes de la pudrición.....	86
2.3.1.4.	Determinación in vitro de las propiedades antifúngicas del aceite esencial de canela (<i>cinnamomum zeylanicum</i>) sobre el <i>Botrytis sp.</i>	87
2.3.1.5.	Determinación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de canela (<i>cinnamomum zeylanicum</i>) in vivo, por el método de inmersión....	89
2.3.2.	Análisis estadístico.....	92
3.	Resultados y discusiones.....	93
3.1.	Determinación de los hongos causantes de la pudrición de las moras, frutillas y uvillas.....	93
3.2.	Propiedades antifúngicas del aceite esencial de canela (<i>cinamomun zeynalicum</i>) in vitro.....	94
3.3.	Variables medidas en el almacenamiento de la mora de castilla (<i>rubus glaucus</i>) bajo dos condiciones.....	97
3.4.	Variables medidas en el almacenamiento de la frutilla (<i>fragaria sp</i>) bajo dos condiciones.....	101
3.5.	Variables medidas en el almacenamiento de la uvilla (<i>physalis peruviana l.</i>) bajo dos condiciones.....	106
3.6.	Determinación de la actividad antifungica del aceite esencial de canela “in vivo” por el método de inmersión.....	111
3.6.1.	Determinación de la actividad antifúngica del aceite esencial de canela “in vivo” en mora de castilla.....	112
3.6.1.1.	Duración del almacenamiento.....	112
3.6.1.2.	pH.....	113
3.6.1.3.	Acidez.....	115
3.6.1.4.	Mohos y levaduras.....	117
3.6.1.5.	Evaluación sensorial.....	119
3.6.2.	Determinación de la actividad antifúngica del aceite esencial de canela “in vivo” en frutilla.....	120
3.6.2.1.	Duración del almacenamiento.....	120
3.6.2.2.	pH.....	121
3.6.2.3.	Acidez.....	124
3.6.2.4.	Mohos y levaduras.....	126
3.6.2.5.	Evaluación sensorial.....	128
3.6.3.	Determinación de la actividad antifúngica del aceite esencial de canela “in vivo” en uvilla.....	129
3.6.3.1.	Duración del almacenamiento.....	129
3.6.3.2.	pH.....	130
3.6.3.3.	Acidez.....	132
3.6.3.4.	Mohos y levaduras.....	134
3.6.3.5.	Evaluación sensorial.....	136
	CONCLUSIONES.....	137
	RECOMENDACIONES.....	138
	RESUMEN.....	139
	SUMMARY.....	140
	BIBLIOGRAFÍA.....	141
	ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°1 Taxonomía y morfología de la mora.....	14
TABLA N°2 Composición nutricional de la mora	17
TABLA N°3 Exportación de mora.....	25
TABLA N°4 Taxonomía de la uvilla.....	25
TABLA N°5 Composición nutricional de la uvilla.....	28
TABLA N°6 Composición nutricional de la frutilla	43
TABLA N°7 Áreas de la región andina - cultivo de frutilla.....	51
TABLA N°8 Métodos de extracción de mezclas aromáticas.....	71
TABLA N°9 Tratamientos utilizados en la determinación de las propiedades antifúngicas del aceite esencial de canela sobre el <i>Botrytis sp.</i>	89
TABLA 10. Tratamientos utilizados “ <i>in vivo</i> ” para la determinación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de canela en la mora.....	90
TABLA 11. Tratamientos utilizados “ <i>in vivo</i> ” para la determinación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de canela en la frutilla.....	90
TABLA 12. Tratamientos utilizados “ <i>in vivo</i> ” para la determinación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de canela en la uvilla.....	91
TABLA 13. Efecto del aceite esencial de canela sobre el crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Botrytis sp.</i>	95
TABLA 14: Resultados de acidez, pH, temperatura y unidades propagadoras (UPC/g) para mora (<i>Rubus glaucus</i>).....	98
TABLA N°15: Resultados de acidez, pH, temperatura y unidades propagadoras (UPC/g) para frutilla (<i>Fragaria sp.</i>).....	102
TABLA N°16: Resultados de acidez, pH, temperatura y unidades propagadoras (UPC/g) para uvilla (<i>Physalis peruviana l.</i>).....	107
TABLA N°17: Resultados de acidez, pH, temperatura y unidades propagadoras (UPC/g) para mora con tratamiento de aceite esencial de canela.....	113
TABLAN°18: Prueba t de muestras independientes para pH mora de castilla.....	115
TABLA N°19: Prueba t de muestras independientes para Acidez Mora de Castilla	117
TABLA N°20: Prueba t de muestras independientes para Mohos y Levaduras en Mora de Castilla.....	118
TABLA N°21: Resultados de acidez, pH, temperatura y unidades propagadoras (UPC/g) para frutilla con tratamiento de aceite esencial de canela....	120
TABLAN°22: Prueba t de muestras independientes para pH frutilla.....	123
TABLA N°23: Prueba t de muestras independientes para Acidez Frutilla.....	125
TABLA N°24: Prueba t de muestras independientes para Mohos y Levaduras en Frutilla.....	129
TABLA N°25: Resultados de acidez, pH, temperatura y unidades propagadoras (UPC/g) para uvilla con tratamiento de aceite esencial de canela.....	130
TABLAN°26: Prueba t de muestras independientes para pH uvilla.....	132
TABLA N°27: Prueba t de muestras independientes para acidez uvilla.....	134
TABLA N°28: Prueba t de muestras independientes para mohos y levaduras en uvilla.....	137

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N°1: Variación de la acidez titulable de la mora de castilla almacenada a dos temperaturas.....	99
GRAFICO N°2: Variación del pH de la mora de castilla almacenada a dos temperaturas.....	100
GRAFICO N°3: Variación mohos y levaduras mora de castilla almacenada a dos temperaturas.....	101
GRAFICO N°4: Variación del pH de la frutilla almacenada a dos temperaturas.....	104
GRAFICO N°5: Variación de la acidez titulable de la frutilla almacenada a dos temperaturas.....	104
GRAFICO N°6: Variación mohos y levaduras de la frutilla almacenada a dos temperaturas.....	105
GRAFICO N°7: Variación del pH de la uvilla almacenada a dos temperaturas.....	108
GRAFICO N°8: Variación de la acidez titulable de la uvilla almacenada a dos temperaturas.....	109
GRÁFICO N°9: Variación mohos y levaduras de la frutilla almacenada a dos temperaturas.....	111
GRÁFICO N°10: pH vs tiempo de almacenamiento para la mora recubierta con aceite esencial de canela.....	114
GRÁFICO N°11: Valor de pH en moras con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela.....	114
GRÁFICO N°12: Porcentaje de acidez vs tiempo de almacenamiento para la mora recubierta con aceite esencial.....	116
GRÁFICO N°13: Valor de acidez en moras con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela	116
GRÁFICO N°14: Mohos y levaduras (UFC/g) en moras con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela.....	118
GRÁFICO N°15: pH vs tiempo de almacenamiento para la frutilla recubierta con aceite esencial.....	122
GRÁFICO N°16: Valor de pH en frutilla con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela	123
GRÁFICO N°17: Porcentaje de acidez vs tiempo de almacenamiento para la frutilla recubierta con aceite esencial.....	124
GRÁFICO N°18: Valor de acidez en frutillas con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela.....	125
GRÁFICO N°19: Mohos y levaduras (UFC/g) en frutillas con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela	127
GRÁFICO N°20: pH vs tiempo de almacenamiento para la uvilla recubierta con aceite esencial.....	131
GRÁFICO N°21: Valor de pH en uvillas con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela.....	131
GRÁFICO N°22: Porcentaje de acidez vs tiempo de almacenamiento para la uvilla recubierta con aceite esencial de canela.....	133
GRÁFICO N°23: Valor de acidez en uvillas con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela.....	133
GRÁFICO N°24: Mohos y levaduras (UFC/g) en uvillas con y sin recubrimiento de aceite esencial de canela.....	135

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA N°1 Mora (<i>Rubus glaucus B.</i>).....	14
FOTOGRAFÍA N° 2 Mora, Variedad Mora de Castilla.....	17
FOTOGRAFÍA N°3: Mora con larva de mosca de la fruta.....	19
FOTOGRAFÍA N°4: Envases en los que se comercializa la mora.....	24
FOTOGRAFÍA N°5 Uvilla, <i>Physalis peruviana</i>	27
FOTOGRAFÍA N°6: Envases en los que se comercializa la uvilla.....	36
FOTOGRAFÍA N°7: Frutilla, variedad camarrosa.....	42
FOTOGRAFÍA N°8: Frutilla, modo de siembra.....	46
FOTOGRAFÍA N°9: Ataque de <i>Botrytis</i> en frutos en desarrollo y frutos maduros.....	49
FOTOGRAFÍA N°10: Envases en los que se comercializa la frutilla.....	53
FOTOGRAFÍA N°11: Morfología de micelio y conidios de <i>Botrytis sp.</i>	93
FOTOGRAFÍA N°12: Morfología de la colonia de <i>Botrytis sp.</i>	94
FOTOGRAFÍA N°13: Crecimiento micelial de <i>Botrytis sp</i> después de 7 días de la aplicación del aceite esencial.....	96

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1: Diagrama de los usos de la mora.....	22
FIGURA N°2: Frutilla (<i>Fragaria vesca</i>).....	40
FIGURA N°3: Pautas de crecimiento, respiración y producción de etileno de órganos vegetales climatéricos y no climatéricos.....	54
FIGURA N°4: Tabla de grado madurez mora de castilla.....	97
FIGURA N°5: Tabla de grado madurez frutilla.....	101
FIGURA N°6: Tabla de grado uvilla.....	106

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N°1: Fotografías de la parte experimental.....	151
ANEXO N°2: Resultados de la actividad fungicida <i>in vitro</i> del aceite esencial de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) sobre <i>Botrytis spp</i>	153
ANEXO N°3: Resultados de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de canela (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) <i>in vivo</i> , por el método de inmersión.....	156
ANEXO N°4: Norma Técnica Colombiana NTC4106 Mora de Castilla.....	160
ANEXO N°5: Norma Técnica Colombiana NTC4103 Fresa variedad Chandler.....	175
ANEXO N°6: Norma Técnica Colombiana NTC4580 Uchuva.....	181

INTRODUCCIÓN

La mora, frutilla y uvilla son frutas muy apetecidas tanto en el mercado nacional como en el internacional. Ricas en minerales y vitaminas, tienen un gran futuro como producto de exportación en forma fresca, una vez que puedan superar los problemas de transporte, ya que por su alta perecibilidad, requieren de especiales cuidados en la cosecha y transporte. En relación a la cantidad de frutas producidas en Ecuador es insuficiente. El problema se agrava debido a las pérdidas de esta fruta cultivada, que por las más diversas razones se queda en el camino de la postcosecha antes que llegue al consumidor final.

Una de las razones principales del deterioro y pérdidas de la fruta post cosecha es la acción de microorganismos. Se puede afirmar que los microorganismos son la principal causa de deterioro grave y rápido que pueden dañar las frutas en cualquier momento de su vida, produciendo daños irreversibles los cuales se detectan fácilmente por el cambio producido en una o más de sus características sensoriales, es decir su apariencia, aroma, color, sabor y textura.

Por esta razón los productores agrícolas, fabricantes, distribuidores y consumidores se preparan para la llegada de una nueva prestación de la ingeniería aplicada a los alimentos. Las nuevas tendencias revelan una clara preferencia de la industria alimentaria hacia los conservantes naturales, como es el caso de antioxidantes procedentes de extractos de plantas. Las hierbas y las especias han sido empleadas durante siglos para aumentar la vida útil de los alimentos. Dentro de estas especias destaca la canela.

En efecto entre los agentes naturales con poderes antimicrobianos, más estudiados en los últimos años, se encuentra la canela, especia cuyo principal componente es el aldehído cinámico que posee actividad antibacterial, inhibe el crecimiento de mohos y la producción de micotoxinas.

En un entorno social en continua evolución como el actual, el uso de agentes conservadores naturales para la industria alimentaria, es un modo eficaz y seguro de

garantizar la conservación de las frutas y de evitar la pérdidas post cosecha de las mismas y la transmisión de enfermedades por vía alimentaria, eludiendo así los problemas sanitarios que alimentos en mal estado podrían causar en quienes los ingieren.

Por tal motivo en esta investigación se utiliza el Aceite esencial de Canela como un potencial bioconservador para inhibir el crecimiento de microorganismos, con esto queremos reducir las pérdidas por deterioro de la materia prima, considerándola así a esta como una tecnología emergente. Consiguiendo un producto alimenticio de calidad, protegiendo las características intrínsecas, el poder nutricional y propiedades organolépticas. Confiriéndole al producto final todos aquellos atributos que van a influir en la esfera higiénica-sanitaria y el valor comercial. Esta investigación aspira a beneficiar al sector productor al prolongar el período de vida en fresco de las moras, uvillas y frutillas, lo que estimulará su producción en nuestro país. Además la industria alimentaria es otro sector beneficiado al disponer de un aditivo natural, de bajo costo e inocuo.

Por ello se determinó los hongos causantes de la pudrición de mora, uvilla y frutilla, luego se aisló al *Botrytis sp* como el hongo más representativo que causa la pudrición de estas frutas, se estableció además la capacidad antimicótica del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*) sobre el desarrollo in vitro del hongo aislado. Los resultados demostraron que los tratamientos más efectivos se obtuvieron con el aceite esencial de canela a 250 y 500 ppm. Finalmente se evaluó la actividad antifúngica del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeynalicum*) in situ sobre fruta fresca a diferentes concentraciones, tiempo y temperatura, mediante el análisis del color, textura, sabor, olor, pH, acidez y recuento de hongos y levaduras. Los experimentos in situ mostraron que el aceite esencial de canela a 500 ppm combinado con el almacenamiento de la fruta a temperatura de refrigeración (5°C) fue el tratamiento más efectivo para reducir la pudrición fúngica y la pérdida de la calidad de los frutos.

CAPITULO I

4. MARCO TEORICO

4.1. MORA DE CASTILLA

4.1.1. ORIGEN E HISTORIA

Las moras son nativas de Asia, Europa, norte y sur América. Sin embargo, las moras encontradas en cada región son nativas de las mismas.

La mora de Castilla *Rubus glaucus* fue descubierta por Hartw y descrita por Benth. Es originaria de las zonas altas tropicales de América principalmente en Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador. (67)

El género *Rubus* es uno de los de mayor número de especies en el reino vegetal. Se encuentran diseminadas en casi todo el mundo excepto en las zonas desérticas. Las especies más conocidas son *Rubus idaeus* (frambuesa), *Rubus occidentalia* (mora cultivada), *Rubus glaucus benth* (mora de castilla) y *Rubus folius* (zarzamora), las cuales se cultivan en la zona templada. (77)

Desde 1840 se iniciaron trabajos para obtener variedades con mejores características, las cuales se establecieron principalmente en los Estados Unidos y desde entonces se han generado nuevas variedades en las zonas templadas.

Existen en la actualidad especies del genero *Rubus* con espinas y sin espinas con variedades de porte erecto y semierecto. La primera variedad reportada se encuentra la Dorchester y luego la Snyder, en 1851. Este producto se encuentra distribuido a nivel mundial, aunque la producción comercial está ubicada en las zonas templadas y en tierras altas del trópico. (76)

4.1.2. TAXONOMÍA DE LA MORA

En la tabla N°1 observamos la taxonomía y morfología de la mora (*Rubus glaucus benth*)

TABLA No.1 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA MORA

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Rosae
Familia	Rosaceae
Género	Rubus, se destaca Rubus glabratus

Fuente: <http://www.scielo.org.co>

4.1.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA MORA



FOTOGRAFÍA No.1 MORA (*Rubus glaucus B.*)

Es una planta de vegetación perenne, cuyo hábito de crecimiento es trepador, con tallos semirectos de longitud variable, conformada por varios tallos espinosos que pueden crecer a veces hasta 3 metros de largo, redondeados, espinosos, ramificados, la planta emite constantemente brotes en la base como se observa en la fotografía N°1. Las raíces se distribuyen en los primeros 30 cm del suelo y también en forma longitudinal hasta más de 1 m. (73)

En la base de la planta se encuentra la corona de donde se forman los tallos la cual está conformada por una gran cantidad de raíces superficiales. El sistema radicular es

profundo, puede llegar a profundizar más de un metro dependiendo del suelo y el subsuelo. (13)

Tipos de ramas:

- **Ramas látigo:** son delgadas, con hojas muy pequeñas, que crecen horizontalmente, buscando el suelo y tienden a enterrarse, son improductivas.
- **Ramas vegetativas:** son ramas gruesas, con muchas espinas, con las hojas terminales cerradas, generalmente no son productivas, por lo que deben podarse para estimular la producción de nuevas ramas productivas. (73)
- **Ramas productivas:** son ramas más gruesas que los látigos, pero más delgadas que las ramas vegetativas o machos, el crecimiento es vertical y las hojas terminales se disponen abiertas. Se recomienda despuntarlas a una altura de 1,5 m, si no han emitido flores, para estimular la producción de nuevas ramas florales. (75)

Las hojas: Son compuestas, trifoliadas, de pecíolo blancuzco, cilíndrico y cubierto de espinas, que también se hallan en los nervios, en la cara inferior de la lámina. Los folíolos son ovoides, de 5 a 12 cm. de largo, acuminados y aserrados, verde oscuros en el haz, y blanquecinos en el envés. (19)

Las flores: Son hermafroditas, ubicadas en racimos, de unos 30 cm de largo que se distribuyen a lo largo de la rama o al final de la misma. El tamaño es de unos 2 cm. De diámetro, con 5 sépalos persistentes, el cáliz tiene 5 pétalos son ovados, de color blanco o rosados, los estambres son numerosos, separados, y se disponen en series sobre las bases del receptáculo. Los estilos son filiformes, simples, cada pistilo tiene un ovario que da origen a un pequeño fruto carnoso llamado drupa. (73)

El fruto: Es un agregado de drupas adheridas al receptáculo floral común, que se desarrollan independientes cada una, en conjunto parecen un cono de 1 a 2.5 cm de longitud, de color rojo oscuro en la madurez, y púrpura cuando están sobremaduros, ácidos, las partes carnosas y jugosas son el epicarpio y el mesocarpio; el endocarpio es

una porción lignificada, dura y envuelve a la semilla, en cada drupa madura existe una semilla. La maduración de los frutos no es uniforme por cuanto la floración no es homogénea. (73)

4.1.4. ESPECIES DE MORA

La especie conocida como mora de Castilla *Rubus glaucus*, es la que más se cultiva en el país y la presenta mayor consumo interno y externo. Los frutos son de forma larga y cónica, con un color morado brillante. Se le conoce también como Mora andina o Zarzamora (18).

Otras especies conocidas en el país, se presentan a continuación: (10) (75)

***Rubus bogotensis* HBk (Kunth, 1824) mora negra:** Se encuentra sembrada dentro de los rangos de altitud de 1700 a 3200 m.s.n.m. Los frutos son racimos muy apretados y con poco jugo.

***Rubus giganteus* o *Macrocarp* (Benth. 1846) mora de gato o mora de páramo:** Esta variedad se encuentra sembrada en altitudes entre los 2600 a 3400 m.s.n.m. Se caracteriza porque el receptáculo interno del fruto es hueco y los frutos son grandes con aproximadamente 7 cm de largo. (10) (16)

***Rubus glaucus*:** Se encuentra sembrada entre los 2000-3200 m.s.n.m. Los frutos son grandes. Como ya se mencionó es la variedad más comercial.

***Rubus megalococus* (Focke, 1874) mora pequeña:** Esta variedad se encuentra sembrada entre los 2300 y los 2700 m.s.n.m. Es una planta rústica cuyos frutos se caracterizan por ser pequeños.

***Rubus nubigenus* (Kunth, 1824) mora grande:** Esta tipo de mora se encuentra sembrada principalmente en alturas comprendidas entre los 2600 y 3100 m.s.n.m. Se caracteriza por frutos grandes. (10) (16)

4.1.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA MORA



FOTOGRAFÍA No.2 MORA, VARIEDAD MORA DE CASTILLA *Rubus glaucus B.*

Las moras son frutas con bajo valor calórico por su escaso aporte de carbohidratos. Sin embargo son muy ricas en vitamina C, aportan fibra, potasio, hierro y calcio (estos dos últimos de menor calidad que los de origen animal), taninos (sustancias con acción astringente) y diversos ácidos orgánicos. Se caracterizan por su contenido de pigmentos naturales, tales como los antocianos que son sustancias con acción antioxidante, es decir, que previenen el desarrollo de ciertas enfermedades y tipos de cáncer. Los antocianos le dan el color a la mora como se puede apreciar en la fotografía N°2, y junto con el ácido oxálico y el ácido málico son responsables de su sabor. (78) Adicionalmente poseen fibra, incluyendo el tipo conocido por el nombre de pectina. En la tabla N°2 observamos la composición nutricional de la mora de Castilla.

TABLA No.2 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA MORA (10)
MORA Comestible: 90 % Pulpa, sin semillas

Factor Nutricional		
Acido Ascórbico	17	Mg
Agua	96.7	G
Calcio	38	Mg
Calorías	58	G
Carbohidratos	10.2	G
Cenizas	0.4	G
Fibra	4.3	G
Fósforo	40	Mg
Grasa	0.6	G
Hierro	2.2	Mg
Proteínas	1.2	G
Riboflavina	0.03	Mg
Tiamina	0.01	Mg

Fuente: Carmona, “Caracterización fisicoquímica de seis materiales de mora”

4.1.6. REQUISITOS CLIMÁTICOS PARA EL CULTIVO DE MORA

Según Martínez (2007), los requisitos climáticos óptimos para el cultivo de mora son los siguientes (36):

Clima	: precipitación de 600 a 800 mm repartidos en el año
Temperatura media	: 12 – 13 °C
Altitud	: 2 500 – 3 100 m.s.n.m
Suelos	: francos, arenosos y negros, pH 5,5 – 7,5

4.1.7. CICLO DE CULTIVO DE LA MORA

La mora presenta tres etapas de desarrollo: la primera, en la que se obtienen las nuevas plantas ya sea en forma sexual o asexual, una segunda o de formación y desarrollo vegetativo, donde se conforma la planta, y una tercera etapa, la productiva, que se inicia a los ocho meses después del trasplante y se mantiene constante durante varios años.

La producción aumenta a medida que avanza el crecimiento y la edad del cultivo y se estabiliza a partir del año y medio con rendimientos de hasta 9 TM/ha (8).

4.1.8. MÉTODOS DE PROPAGACIÓN DE LA MORA

La mora se puede propagar sexual o asexualmente, pero el método más recomendado es el asexual, debido a las múltiples dificultades que surgen cuando se utilizan semillas.

Los métodos más usuales son por acodo y estaca, para los cuales se deben escoger plantas sanas, vigorosas y productivas (17).

4.1.8.1. Punta terminal o acodo de puntas

Este sistema consiste en provocar la formación de raíces a un tallo unido aún a la planta madre, enterrando su extremo, de 5 a 7 cm, dentro de una bolsa con tierra, teniendo cuidado de mantenerla con buena humedad. Después de 30 o 40 días, se debe cortar la nueva planta entre 30 y 50 cm desde la base (36). Este es el método más utilizado para la propagación de la mora.

4.1.8.2. Estacas

Las ramas se cortan en segmentos de 30 cm de largo y se realiza un corte en diagonal por la parte superior y uno recto en el área basal retirándoles 0,5 cm de corteza, luego se las desinfecta y se las sumerge por la base en una hormona enraizadora. Posteriormente se plantan en un sustrato de tierra y materia orgánica desinfectada (36)

4.1.9. PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA MORA

4.1.9.1. Plagas

a) Áfidos o pulgones (*Aphis sp.*): son insectos que atacan a las hojas tiernas de la mora, absorben su sabia y son transmisores de virus.

b) Mosca de la fruta (especie *Anastrepha sp.*): El huevo eclosiona y la larva se alimenta dentro de la fruta. Ataca básicamente a los frutos maduros. Como se observa en la fotografía 3, es común observar un gusano blanco por dentro de la fruta, dejándola completamente inservible, comercialmente.



FOTOGRAFÍA 3: MORA CON LARVA DE MOSCA DE LA FRUTA

c) Barrenador del tallo (*Epialus sp.*): entra en la base de la planta y barrena el tallo.

d) Perla de la tierra de las raíces (*Margarodes sp.*): destruye las raíces (17).

e) Arañita roja (*Tetranychus sp.*): esta araña se localiza en el envés de la hoja, causando la formación de manchas pardas y amarillentas que en muchos casos pueden confundirse con una deficiencia foliar.

f) Cutzo (*Barotheus sp.*): es una plaga del suelo que se encuentra en las zonas húmedas, la característica de este gusano es masticar las raíces de diferentes cultivos, produciendo daños muy severos; el daño físico que provoca, puede ser la puerta de entrada para el ataque de diferentes patógenos (36).

4.1.9.2. Enfermedades

a) Botrytis (*Botrytis cinérea*): es también conocida como pudrición del fruto ó moho gris. El Botrytis causa la pudrición del fruto y ocasionalmente ataca flores y hojas. Cuando afecta las flores, estas se caen antes de tiempo y se presenta un secamiento de color café claro en las partes terminales de los pedúnculos que sostienen las flores y los frutos. Cuando las lluvias son frecuentes el hongo afecta todo el racimo de frutos donde se observa una masa fúngica de apariencia algodonosa de color gris a negro. Los frutos se momifican y permanecen adheridos a los racimos (50)

b) Agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*): Produce agallas y tumores en los tallos cerca del cuello (17).

c) Mildeo veloso ó Peronospora (*Peronospora corda*): afecta a hojas, tallos, pedúnculos y frutos. Los pedúnculos y los tallos presentan lesiones irregulares de color blanco sobre las cuales crece una vellosidad de color blanco o grisáceo claro, que corresponde a los esporangióforos y esporangios del patógeno. El pedúnculo se va secando desde arriba hacia abajo. En las flores se presenta un amarillamiento de los pétalos, que luego se caen. Los daños por mildeo veloso se observan también en los sépalos, donde causa una lesión de color café claro a negro. En las hojas, los síntomas no son tan frecuentes, ni visibles (50).

d) Antracnosis del fruto (*Glomerella cingulata*): es también conocida como muerte descendente, Secadera, ó Palo negro. El principal daño que ocasiona en cultivos de mora es la muerte progresiva y descendente de los brotes y las ramas, quedando los

frutos adheridos a éstas. Al interior de los tallos afectados se observa una necrosis de color café claro. Cuando la infección en los tallos principales es severa, el hongo produce la muerte de la planta.

e) Oidio (Oidium): (Cenicilla, Mildeo Polvoso, ó Crespera): El síntoma más común es la deformación, enroscamiento o encrespamiento de las hojas jóvenes. En la superficie de las hojas se presentan manchas cloróticas irregulares y difusas que semejan un mosaico suave. En algunas ocasiones se puede observar la aparición de un polvo blanco en el envés de las hojas, que corresponde al crecimiento esporulante del hongo que causa la enfermedad (50).

f) Roseta (Cercospora rubi): Los renuevos forman rosetas que no permiten la apertura de las flores (17).

g) Marchitez (Verticillium alboatrum): Este hongo es vascular, ocasiona un amarillamiento de las hojas que se caen posteriormente. La enfermedad se manifiesta en el tallo por manchas negras y un color azulado característico (80).

4.1.10. USOS DE LA MORA

La Mora de Castilla tiene múltiples usos, como se puede ver en la figura 1, el principal es como fruta fresca y como materia prima en la fabricación de jugos, helados, pulpas, jaleas, mermeladas, conservas, compotas, yogurt, néctares, concentrados y en la actualidad como fuente de colorantes naturales.

Es una de las frutas de consumo diario de las familias ecuatorianas, con una demanda de 2 kg/semana, especialmente en la región Sierra (36). No todas las variedades de mora son aptas para la industria, como sucede con la Mora variedad Brazos, ya que según los procesos de transformación a que van a ser destinadas, deben cumplir con ciertos requisitos especiales, como dulzor, sabor, etc. (8).

Como cualidades de su consumo, la mora constituye un excelente desintoxicante del organismo, por lo cual es apropiada para el tratamiento y prevención de problemas circulatorios y de la piel (47).

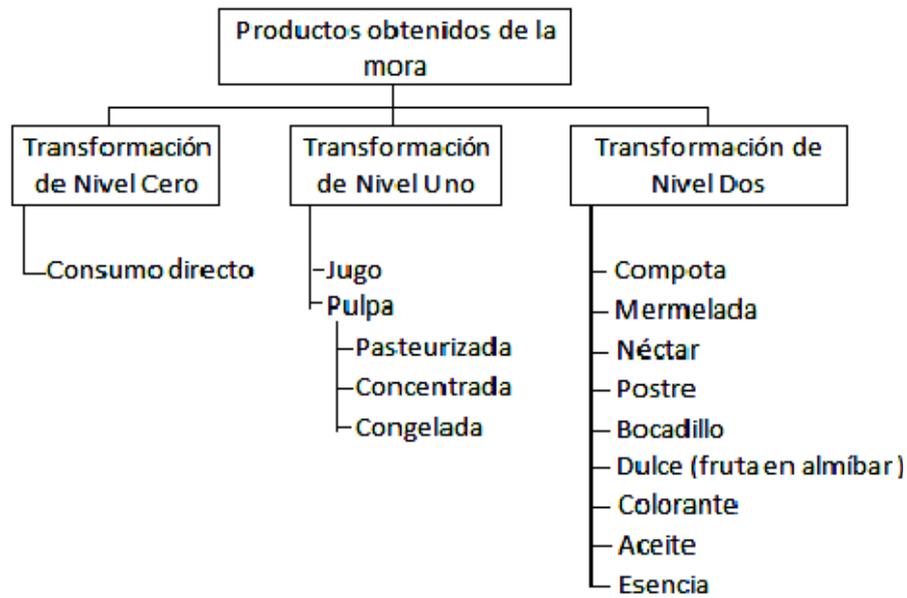


FIGURA 1: DIAGRAMA DE LOS USOS DE LA MORA

Estas frutas contienen, además de los antocianos y carotenoides, otros antioxidantes como la vitamina C. La ingesta dietética de estas sustancias potencia nuestro sistema inmunológico o de defensas del organismo y contribuye a reducir el riesgo de enfermedades degenerativas, cardiovasculares e incluso del cáncer.

Existen ciertas situaciones vitales en las que las necesidades orgánicas de vitamina C están aumentadas, como el embarazo, la lactancia, el tabaquismo, el empleo de ciertos medicamentos, el estrés y las defensas disminuidas, la práctica deportiva intensa, el cáncer, el sida y las enfermedades inflamatorias crónicas. En dichas situaciones, el consumo de bayas silvestres ricas en vitamina C está especialmente indicado (79).

4.1.11. ZONAS DE PRODUCCIÓN DE MORA EN EL ECUADOR

4.1.11.1. Mora de Castilla

Se encuentra a lo largo del Callejón Interandino, especialmente en las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Carchi (36)

4.1.11.2. Mora variedad Brazos

Se produce especialmente en la provincia de Pichincha en zonas como Tabacundo, Checa, Guayllabamba, Machachi, Puembo, Tumbaco (39).

Según Martínez (2007), la superficie cultivada en el Ecuador de mora es de 5247 hectáreas, en forma independiente y asociada, de las cuales la mayor parte se encuentra en la Provincia de Tungurahua con 2200 hectáreas. La más cultivada es la Mora de Castilla (36).

4.1.12. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE MORA

En los últimos años, el consumo de mora, tanto fresca como congelada y procesada, se ha incrementado en el mercado nacional e internacional. En el año 1996, la producción mundial de mora alcanzó las 260000 toneladas, según información de la FAO (69).

En el caso del Ecuador, las exportaciones de mora se han dado en forma de fruta procesada, y en un mínimo porcentaje como fruta fresca.

TABLA N°3: EXPORTACIÓN DE MORA

Año	Valor FOB (Miles de USD)
2005	3,189
2006	4,850
2007	4,850

Fuente: Chávez y Paguay, 2003, (11)

La tabla N°3 se muestra como la demanda de mora fresca y procesada ha aumentado a nivel mundial, dentro de los principales consumidores están Estados Unidos, Europa occidental (Francia, Inglaterra y Alemania) y Japón. Las importaciones de mora (en especial de producto fresco), en estos países se producen principalmente entre los meses de Octubre y Marzo (8).

4.1.13. COMERCIALIZACIÓN DE LA MORA

La mora es comercializada de manera tradicional, utilizando canastos de carrizo con papel periódico como material amortiguante, dispuesto en las paredes y el fondo, como muestra la fotografía 4. También es muy común el uso de bolsas plásticas. En los supermercados y comisariatos se utilizan tarrinas plásticas. Los canastos no son embalajes apropiados y en consecuencia las pérdidas postcosecha que se han registrado son muy altas (fluctúan entre 70 y 100 %, según Fernández y Moreno (1985) citado por (64) (47).



FOTOGRAFÍA Nº4: ENVASES EN LOS QUE SE COMERCIALIZA LA MORA

Bejarano (1992), menciona que se observa con frecuencia en el Ecuador, que el propio productor lleva su fruta al mercado y entrega al intermediario, mayorista o consumidor directamente, situación que hasta la fecha no ha cambiado (8). En la provincia de Tungurahua los mismos productores participan activamente como operadores en el mercadeo de la fruta utilizando dichos canastos, sea como mayoristas o minoristas (47).

4.2. UVILLA O UCHUVA (*Physalis peruviana*)

4.2.1. ORIGEN E HISTORIA

La Uvilla (*Physalis peruviana*) es una planta perteneciente a la familia de las Solanaceae, el centro de origen de acuerdo a Legge (1974) (33), fueron los Andes peruanos, pero de acuerdo a un estudio realizado por los países pertenecientes al Convenio "Andrés Bello" en 1983, se determinó una zona más amplia para el origen de *P. peruviana* que incluye a los Andes Ecuatorianos. Existe un sinnúmero de nombres

con los que se le conoce a la Uvilla, de acuerdo a lo que manifiesta el SECAB (1983), entre los que se tienen:

- Capulí o Motojobobo embolsado (Bolivia);
- Uchuva, Uvilla, Guchuba (Colombia);
- Capulí, Guinda serrana, Aguaymanto, (Perú);
- Topo-topo (Venezuela);

Es muy interesante el conocer la amplia distribución que actualmente ha alcanzado

4.2.2. TAXONOMÍA DE LA UVILLA

La clasificación taxonómica de la uvilla se observa en la tabla 4.

TABLA N°4: TAXONOMÍA DE LA UVILLA

Reino:	Vegetal
Clase:	Dicotiledóneas
Orden:	Tubiflora
Familia:	Solanaceae
Género:	Physalis
Especie:	peruviana
Nombre común:	Uvilla, uchuva, cereza

Fuente: Narváez. E, 2003 (41)

4.2.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA UVILLA

La Uvilla es una planta que posee una raíz pivotante, profundizada y ramificada, donde sobresale el eje principal; en sus primeros estados de vida es monopódica y luego se ramifica simpódicamente, posee una coloración amarillopálido de consistencia succulenta y semi leñosa. (9).

Raíz: Se caracteriza por ser fibrosa y ramificada, alcanza de 50cm a 70cm. de profundidad, en sitios altos con bajas temperaturas en la rizosfera 14 °C la planta forma mayor cantidad de raíces finas y superficiales para absorber mayor cantidad de agua en suelos frió, (41). Raíz fibrosa que se encuentran entre unos 10cm. a 15cm. de profundidad, el sistema radical es ramificada y profundiza con sus raíces principales hasta unos 50cm. a 80cm. Y crecen más superficialmente. (14)

Tallo: Posee un tallo herbáceo, cubierto de vellosidades suaves, de color verde. En la base del tallo se presenta un gran número de yemas que cuando se desarrollan dan origen a ramas o tallos principales. (41)

Hoja: Posee hojas enteras, simples, pecioladas, acorazonadas, altamente pubescentes, con un diámetro muy variable dependiendo de la edad de la nutrición y del eco tipo que pueden ir de 7cm. a 20cm. de largo están dispuestas en forma alterna en cada rama de la planta. Al madurar el fruto las hojas envejecen y caen. (41). Las hojas son alternas en forma de corazón. (52).

Flor: Presenta flores solitarias, pedunculadas y hermafroditas, que se originan de las axilas. Están constituidas de una corola amarilla tubular formada por cinco pétalos soldados y con cinco puntos morados en su base. El cáliz es gamosépalo, veloso con nervaduras salientes, con cinco sépalos persistentes, inicia su alargamiento cuando ha pasado la fecundación del fruto, cubriéndolo durante su desarrollo. (41)

Fruto: Es una baya carnosa formada por carpelos soldados entre sí, con forma de globo, acorazonada u ovoide, dependiendo del ecotipo, su diámetro varía entre 1cm. hasta 2.5cm. Contiene un número variable entre 100 y 300 semillas con forma ovalada, el parénquima presenta zonas vacías cuyo tamaño aumenta con la madurez del fruto. El fruto, es una baya carnosa y jugosa de color amarillo (Ver fotografía 4). (52)

Semilla: Contiene entre 100 y 300 semillas con forma ovalada, el parénquima presenta zonas vacías cuyo tamaño aumenta según su desarrollo y la madurez. (41).

4.2.4. ESPECIES DE UVILLA



FOTOGRAFÍA N°5 UVILLA, *Physalis peruviana*

En el caso de la uvilla mucho se ha desarrollado alrededor de variedades, en la actualidad en Ecuador no se ha mejorado genéticamente, sin embargo, se puede hablar de diferentes materiales genéticos con respecto al desarrollo de la planta en el sector establecido. (82). De acuerdo a diversos agricultores consultados por Montalvo, 2000, se ha establecido ciertos ecotipos que se desarrollan en Ecuador y son:

Colombiano o Kenyano: Una uvilla que se caracteriza por tener el fruto grande de color amarillo intenso, su concentración de ácidos cítricos es menor que el del resto de materiales, sin embargo por su aspecto fenotípico, demanda para los mercados de exportación. (82)

Ambateño: Es la uvilla con fruto mediano de color entre verde y amarillo que tiene una alta cantidad de sustancias que le dan un sabor agri dulce y aroma que destaca sobre el resto de ecotipos.

Ecuatoriana: Es ecotipo más pequeño de color amarillo intenso, es de mayor concentración de sustancias vitamínicas, su aroma es agradable. Las formas más comunes para reproducir son por vía asexual que involucra la producción de nuevas plantas a partir de partes vegetativas y por vía sexual por semillas. (82)

4.2.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA UVILLA

Esta fruta andina prácticamente había desaparecido de las mesas de los consumidores y hasta hace poco tiempo no había sido cultivada en el Ecuador. Su composición nutricional se observa en la tabla 5.

TABLA No.5 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA UVILLA POR 100 G. DE PULPA

COMPONENTE	FRUTO
Calorías	54.0
Agua(g)	79.6
Proteínas(g)	1.5g
Grasas(g)	0.5g
Carbohidratos(g)	11.0g
Fibra(g)	0.4g
Cenizas(g)	0.7g
Calcio(m g)	9.0g
Fósforo(m g)	2.1g
Hierro(m g)	1.7g
Vitamina A	1730.0 U.I.
Tiamina(m g)	0.01mg
Riboflavina(m g)	0.17mg
Niacina (m g)	0.8mg
Ácido ascórbico(m g)	20.0mg
Pulpa g/100 g fruta	70.0g
Cáscara/100gfruta	3.5g
Semilla /100g fruta	26.5g

Fuente: <http://www.sica.gov.ec>.

4.2.6. REQUISITOS CLIMÁTICOS PARA EL CULTIVO DE UVILLA

En Latinoamérica la uchuva prefiere sitios entre 1800 y 2800 m.s.n.m con el aumento de la altitud se incrementa la radiación ultravioleta y la temperatura baja, ocasionando en la uchuva un tallo más bajo y las hojas más pequeñas y gruesas, aplazando el primer pico de la producción, situación que en combinación con los factores climáticos. (14)

Temperatura: la planta crece bien a una temperatura promedio anual entre los 13 y 18 ° C, las temperaturas muy altas pueden perjudicar la floración y fructificación. No obstante que temperaturas diurnas entre 27 y 30 ° C no infectan al cuajamiento de frutos, ni en suelos calientes (22 – 29 ° C) como en laderas expuestas directamente. (14)

Agua: las precipitaciones deben oscilar entre 1000mm y 2000mm bien distribuidos a lo largo del año con una humedad relativa del 0 al 80%. Una alta humedad durante la época de cosecha deteriora el fruto; además este tipo de estrés puede estancar el crecimiento. El encharcamiento, ya sea durante pocas horas causa la muerte del sistema radicular, y posteriormente de toda la planta. Así, en zonas de alto riesgo de humedad se recomienda suelos de tipo arcilloso arenoso con buen drenaje y enriquecidos con alto porcentaje de materia orgánica estos suelos serán aptos para un sistema radicular excelente. (14)

Captación de luz: la fructificación en la uchuva parece ser fomentada por una alta radiación solar. (14)

Vientos: la uchuva puede crecer a pleno sol; sin embargo es recomendable construir una barrera contra los vientos fuertes, los mismos que pueden atraer enfermedades se puede evitar realizando una cerca viva, que puede ser necesaria para proteger a la planta de la deshidratación deformación en su crecimiento. (14)

4.2.7. CICLO DE CULTIVO DE LA UVILLA

Desarrollo de la plantación: 6 a 7 meses

Inicio de cosecha: 6 a 7 meses

Vida económica: 3 años. (24)

De 120 a 180 días, dependiendo del tipo de paquete tecnológico que se adapte y la distribución geográfica de la plantación. Los paquetes tecnológicos que incluyen invernadero por lo general incrementan su fisiología en un 30% más que las plantaciones desarrolladas a campo abierto. Este punto guarda concatenación con el ecosistema que se desarrolla. (82)

4.2.8. METODOS DE PROPAGACIÓN DE LA UVILLA

4.2.8.1. Etapas fonológicas:

Inicio: 0 – 89 días

Desarrollo vegetativo: 90 – 131 días

Floración: 132 – 164 días

Fructificación y cuajado: 165 – 360 días

Producción: 192 – 360 días (82)

4.2.8.2. Propagación Asexual

Cada célula de la planta contiene los genes necesarios y están en la capacidad de crear a partir del proceso de mitosis una nueva planta completa y exactamente idéntica a la planta madre; debido a este proceso de propagación es posible obtener plantas resistentes y de buena calidad. La mitosis es el método básico de crecimiento vegetativo, regeneración y cicatrización de heridas que hacen posible poner en práctica técnicas tales como la propagación por estacas, injerto, acodo. (41)

4.2.8.3. Propagación Por Esquejes

Este método es el más recomendado por su costo y por su facilidad de aplicación de la técnica además de que por medio de este método se mantiene un excelente material genético, un porte de planta más bajo, con una producción más rápida y uniforme se obtiene a partir de plantas madres de las mejores características posibles tanto en vitalidad como en producción. (41)

Las ramas a usarse deben ser preferiblemente de la planta media o apical de la planta (Casares, 2001), además contener brotes tiernos, el promedio de frutos obtenidos por este método tubo un tamaño apreciable que el de los frutos obtenidos por vía sexual sin embargo el ciclo de producción fue menor. (41)

El desarrollo foliar fue mayor en plantas obtenidas por este método a pesar de lo investigado por Klínic (1986), Fischer (2000), menciono que encontró en sus ensayos

que plantas de uvilla propagado por esquejes presentaron menor vigor en su crecimiento, además que los frutos provenientes de esta propagación mostraron rajamiento de la corteza y un bajo contenido de sólidos solubles. (41) Es importante el uso de sustancias de tipo hormonal que promueva y aceleren la producción de raíces. (41)

4.2.8.4. Propagación por Injerto

Los objetivos de este injerto es mantener las cualidades de estas variedades y aumentar la resistencia del sistema radical en condiciones adversas. En ensayos preliminares se utilizo el ecotipo latinoamericano como patrón, porque presenta resistencia en casos extremos tanto de sequía como exceso de humedad asegurando el desarrollo de la planta. Injertados en forma de púa terminal los ecotipos africanos (Kenia y Sudáfrica) poseen buenas cualidades en su parte aérea para aprovechar características como el peso de los frutos. (41)

4.2.8.5. Propagación Sexual

La propagación sexual involucra una serie de acontecimientos metabólicos y morfológicos que va desde el momento de la polinización y formación de la semilla y tiene como resultado la transformación de un embrión en una planta capaz de valerse por si sola y transformarse en una planta adulta de tal forma que será productora de frutas (41)

La semilla es el producto de la fecundación del óvulo por el polen, bien sea en forma auto gama o con ayuda de agentes polinizadores en el caso de la uvilla las flores amarillas y campaniforme son polinizadas fácilmente por los insectos o por el viento lo cual origina en una misma plantación, frutas con características diferentes, no obstante, la semilla es la forma más utilizada por la mayoría de cultivadores por ser la mejor forma de propagación. En diversos estudios se ha encontrado que el peso promedio de 1.000 semillas es de 1 g. (14)

4.2.9. SISTEMA DE SIEMBRA:

El método más recomendado es doble hilera, con distancias de 3m. entre planta y 3m. entre hileras ubicados en forma de tres bolillos el espacio del camino es de 1.4m. para la siembra es abrir zanjas de 40cm. de ancho y 30cm. de profundidad apto para este cultivo. (41)

4.2.10. PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA UVILLA

4.2.10.1. Plagas

Mosca blanca (*Trialeuroides vaporatum*): Este insecto se localiza en el envés de las hojas en todos sus estadios, su daño se presenta cuando se alimenta de la sabia de las hojas. (41)

Pulgón (*Aphis sp*): Atacan a las hojas y al capuchón afectando en gran parte a la calidad del fruto perdiendo su valor comercial. (41)

Pulguilla (*Epitrex sp*): Se moviliza mediante saltos de una planta a otra, se alimentan de las hojas dejando orificios que disminuyen la superficie foliar, retrasando el desarrollo de la planta. (41)

Perforador del fruto (*Heliothis subflexa*): El insecto adulto es una mariposa de color entre gris y marrón pálido que se esconde en la hojarasca. El estado de larva es un gusano, que produce daños en la planta desde sus primeras etapas una vez que el adulto pone sus huevos en tallos, hojas cerca del fruto o en malezas la larva eclosiona perfora el capuchón y se alimenta del fruto durante su ciclo de desarrollo. (41)

Babosa: Son animales cilíndricos de costumbres nocturnas que se desarrollan en condiciones húmedas, al alimentarse destruyen completamente a la planta y se alimentan en especial de tallos y hojas. (41)

4.2.10.2. Enfermedades

2.5.7 Homo gris (*Botrytis sp*):

Son manchas necróticas de forma irregular que en condiciones de alta humedad desarrollan un micelio color gris, deteriorando la calidad del fruto para la comercialización. (41)

Damping off (*Phytium sp*):

Puede vivir como saprofito en el suelo o parásito, infecta a todo tipo de plantas en crecimiento. Las plantas en los semilleros son atacados generalmente en sus etapas de preemergencia, emergencia y post emergencia, a nivel de raíces o en la base del tallo bajo el nivel del suelo, la planta pierde su capacidad de sostén y cae, luego se produce marchitamiento y muerte. (14)

Muerte descendente (*Phoma sp*):

Atacan en general tallos y hojas, aunque pueden atacar cualquier parte de la planta incluyendo los frutos. En los frutos la lesión oscura inicia en el pedúnculo desarrollando un micelio color blanco, cuando la enfermedad ya está atacando al cultivo se recomienda podas sanitarias, es decir cortar ramas enfermas recolectar este material y destruirlo. (14)

Mancha gris (*Cercospora sp*):

Enfermedad foliar en la uvilla, se presenta en épocas de mucha húmeda, sus esporas son fácilmente diseminadas por el viento. Aparecen lesiones con bordes color amarillo intenso y en el centro un punto necrótico que se va tornando cada vez más grande y forma lesiones concéntricas irregulares que se producen en cualquier parte de las hojas o cáliz. En un ataque severo sin control en pocos días puede acabar con el 100% de la plantación. (14)

4.2.11. USOS DE LA UVILLA

Según Castañeda (1961), los frutos son muy aceptados en el mercado local siempre y cuando sean cocidos en almíbar, pero antes de esto se debe eliminar el pellejo que cubre la pulpa, debido a que es de sabor amargo y poco apetecible. Considera que la fruta es excelente como materia prima para empresas de enlatados y muy indicada para mezclarla con picadillos de otras.

La empresa colombiana exportadora de frutas tropicales, The Tropical Fruits (2002), afirma que la uchuva además de ser una de las frutas más exóticas del mercado, también tiene usos medicinales como:

- Es extraordinariamente rica en vitaminas A y C.
- Purifica la sangre, eliminando la albúmina de los riñones.
- Reconstruye y purifica el nervio óptico.
- Además es muy eficaz para las afecciones de garganta y próstata.

4.2.12. ZONAS DE PRODUCCIÓN DE UVILLA EN EL ECUADOR

La mayor concentración de plantaciones comerciales a nivel nacional se encuentran en la provincia de Cotopaxi (donde se encuentra la mayor plantación de uvillas para el mercado nacional e internacional) Tungurahua, Imbabura y Pichincha. (14)

4.2.13. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE UVILLA

Ecuador exportó más de 4 mil millones de dólares en 1995, lo que significó un incremento del 15% de las exportaciones con respecto a 1994 (Banco Central del Ecuador, 1996). Si se toma en cuenta que dicho incremento fue el resultado del mejoramiento de las ventas de los productos no tradicionales (que ya superaron los mil millones de dólares), que viene a representar un 25% de las exportaciones agropecuarias. Se puede deducir que ampliar los mercados de frutas exóticas generaría más ingresos para el país y se obtendría una mayor rentabilidad.

El Ecuador, en el año de 1997 exportó 24.5 toneladas de Uvilla fresca a un valor FOB de USO 34 000, llegando a obtener precios que fluctúan entre los USD 12.25 y USD 16.48 por kilo en los países europeos, como Francia, Alemania, Holanda, entre otros (Piñas, 1998). Cabe anotar que el Banco Central del Ecuador reporta exportaciones inclusive desde el año de 1990. (82)

4.2.13.1. Mercado Nacional:

Hasta pocos años la fruta no había sido domesticada, su crecimiento solo se daba en forma silvestre, por lo que su comercialización era limitado. En la actualidad se manejan cultivos comerciales para consumo externo y cada vez esta fruta es más demandada en especial por las bondades medicinales que posee. (14).

Recién desde los años 80 ésta fruta empieza a tener un valor económico como cultivo, en Ecuador, por sus características de buen aroma, sabor dulce y bondades medicinales, entre las que podemos citar: reconstrucción del nervio óptico; eliminación de la albúmina de los riñones; eliminación de parásitos intestinales; etc. (14)

En la actualidad se comercializa muy bien este producto en dos cadenas serias y grandes como son Supermaxi y Mi Comisariato, en donde la fruta es altamente demandada, llegando en ciertas etapas del año a escasear inclusive (meses de enero a mayo, generalmente). Por lo que se torna interesante el volverse un proveedor frecuente de este producto para el mercado nacional, donde el precio por kilo es variable. (82.)

4.2.13.2. Mercado Internacional.-

Existe una constante demanda de frutas exóticas en mercados europeos hoy en día solo unas pocas consideran viables para este mercado y una de ellas es la uvilla, por ser un producto poco conocido, entrando en la categoría de “exóticos” y alcanzando altos precios, tomando en cuenta además sus características medicinales que la hacen aun más atractiva para su mercado y comercialización. (14)

Colombia constituye el primer país exportador de uvilla en el mundo, los países proveedores de uvilla a nivel mundial y que compiten en forma agresiva por el mercado

Europeo son en África, ZIMBAWE, Kenya, Sudáfrica; en América: Perú, Bolivia, México, y en la actualidad Ecuador. (14)

Nuestro país ha iniciado hace poco tiempo su exportación a Holanda, Alemania, Francia, otros a nivel promociona, sin embargo es necesario que se investigue las posibilidades en otros países para determinar nuevos mercados. (14).

Dentro de los países a los que Ecuador ha realizado exportaciones están básicamente los de la Unión Europea, de todos estos países el mejor cliente de la uvilla es Alemania donde esta fruta ha perdido la condición de exótica por la alta aceptación que el mercado alemán ha creado alrededor de este producto y sus ventajas nutricionales.

4.2.14. COMERCIALIZACIÓN DE LA UVILLA

Depende del mercado, los frutos destinados para el consumo interno se vende al granel en gavetas plásticas o cajas de madera, los comerciantes minoristas lo venden generalmente en pequeños atados de 20 frutos a 0.50, últimamente se puede observar que se comercializa en las calles en fundas plásticas (Ver fotografía 6) (41)

Para los supermercados se puede empacar en mallas tejidas de polipropileno en el caso de que se el capuchón, o sin este en bandejas de diferentes dimensiones, estas presentaciones dan un valor agregado al producto porque mejora la presentación y su precio alcanza al 0.80 a 1 \$. (41)



FOTOGRAFÍA N°6: ENVASES EN LOS QUE SE COMERCIALIZA LA UVILLA

4.3. FRUTILLA (*Fragaria sp*)

4.3.1. ORIGEN E HISTORIA

Las fresas o frutillas son varias especies de plantas rastreras del género *Fragaria*, nombre que se relaciona con la fragancia que posee (fraga, en latín), cultivadas por su fruto comestible. (68)

Originarias de Los Alpes, las fresas fueron descubiertas por los romanos, para quienes eran un alimento privilegiado y exclusivo de la clase noble. Actualmente, su cultivo se encuentra extendido por muchos países, siendo España uno de los primeros productores mundiales de fresas.

Son las comarcas con mayor capacidad productiva y donde a esta fruta se la conoce con el apelativo de ‘oro rojo’, y Aranjuez, cuyas fresas son muy apreciadas por su suavidad. Aunque existen más de 600 variedades de fresas, para su comercialización se dividen en dos grandes grupos: las de fruto grande o fresones, y las de fruto pequeño o fresas propiamente dichas. (68)

El padre Gregorio Fernández de Velasco menciona la existencia de las frutillas del Ecuador como fresas quitensis, seguramente se refería a la variedad *Fragaria chiloensis*. En el año de 1714, Francois Frezier, un experto ingeniero al servicio de Luis XIV de Francia, llevó algunas de estas plantas desde Concepción a Europa, en un viaje marítimo que duró seis meses y en el que solo cinco plantas sobrevivieron. (68)

Del cruzamiento de esta especie *Fragaria chiloensis* L. con *Fragaria virginiana* Duch se obtuvieron plantas de mejor rendimiento y grandes frutos de muy buena calidad. A partir de 1900, la Universidad de California intensificó notablemente sus trabajos de mejoramiento genético. En igual forma lo hicieron los países europeos y posteriormente países de otros continentes. (68)

4.3.2. TAXONOMÍA DE LA FRUTILLA

Las fresas y fresones se clasifican en el reino vegetal dentro de la división *Magnoliophyta*, clase *Magnoliopsida*, género *Fragaria*, familia *Rodaceae* (Rosáceas) y especie *Fragaria vesca* o *Fragaria ananassa*, según se hable de fresa o fresón. Todas las fresas cultivadas proceden de cuatro especies principales. (72)

4.3.3. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA FRUTILLA



FIGURA N°2 FRUTILLA (*Fragaria vesca*)

La fresa pertenece a la familia de las rosáceas. Es una planta perenne que produce brotes nuevos cada año. Presenta una roseta basal de donde surgen las hojas y los tallos florales, ambos de la misma longitud. Los tallos florales no presentan hojas. En su ápice aparecen las flores, de cinco pétalos blancos, cinco sépalos y numerosos estambres. Los peciolo de las hojas son filosos. Cada uno soporta una hoja compuesta con tres folíolos ovales dentados. (66)

Estos son verde brillante por el haz, más pálidos por el envés, que manifiesta una nervadura muy destacada y una gran pilosidad. De la roseta basal surgen también otro tipo de tallos rastreros que producen raíces adventicias de donde nacen otras plantas. La fresa es un eterio típico lleno de aquenios. Lo que se consume de esta planta es un eterio de color rojo, dulce y aromático, un engrosamiento del receptáculo floral cuya función es contener dentro de sí los frutos verdaderos de la planta, pequeños aquenios de color oscuro que en número de entre 150 y 200 se alojan en cada eterio. (66)

La descripción que se hace a continuación, se refiere a la función evolutiva de sus órganos.

Raíces:

Son de aspecto fibroso, se originan en la corona, se dividen en primarias que son más gruesas y hacen el papel de soporte como se observa en la figura N°2, son de color café oscuro y nacen en la base de las hojas, y secundarias que son raicillas alimenticias, más delgadas y de color marfil; su número es variable y hay dos tipos, principales y secundarias. (22)

Tallo:

La frutilla es una planta perenne considerada como herbácea, presenta un tallo de tamaño reducido denominado corona, lleva las yemas tanto vegetativas como florales y de ella nacen: las hojas, estolones o guías y las inflorescencias. (22)

Hojas:

Como podemos observar en la fotografía N° 1 se hallan insertas en peciolo de longitud variable, son pinadas o palmeadas, subdivididas en tres folíolos, pero es común que en algunas variedades existan 4 ó 5, característica ésta que parece derivarse de la F. chilensis, tiene estípulas en su base y su espesor varía según la variedad, son de color verde más o menos intenso. (22)

Flores:

La flor de la frutilla es de simetría actinomorfa (radial) pedunculada con un grueso receptáculo que se hipertrofia después de la fecundación para convertirse en la parte carnosa y comestible de la planta. (22)

Fruto:

Es un fruto múltiple denominado botánicamente "etéreo", cuyo receptáculo constituye la parte comestible. El receptáculo ofrece una gran variedad de gustos, aromas y consistencia que caracterizan a cada variedad. (22)

4.3.4. ESPECIES DE FRUTILLA

4.3.4.1. Variedades de día corto

Su inducción floral ocurre cuando los días comienzan a acortarse y las temperaturas medias son moderadas (finales de verano a otoño). Pasan el invierno en reposo y producen concentradamente en primavera, generalmente en los meses de noviembre y diciembre. Algunas de las variedades más conocidas: Pájaro, Chandler, Douglas, Oso Grande, Camarosa. (63)

4.3.4.2. Variedades de día neutro

Su inducción floral ocurre independiente del fotoperíodo (número de horas de luz), las yemas son inducidas en forma permanente, sólo las altas o las bajas temperaturas afectan el fenómeno inductivo. En este tipo de variedades, la producción no es concentrada en primavera, si no que se prolonga desde la primavera hasta el otoño. Alguna de las variedades más conocidas: Selva y Brighton, Fern, Sweet Charly.

4.3.4.3. Principales variedades cultivadas

Camarosa: Variedad de la Universidad de California, de Día Corto. Fruto grande, muy precoz, de color rojo brillante externamente, interior muy coloreado y de buen sabor y firmeza, muy vigorosa, de hoja de color verde claro, de forma piramidal, larga, muy regular en toda la temporada, con un promedio de peso superior a los 26 grs., esto ayuda a que la cosecha sea más fácil, rápida y por consecuencia con menor costo.

Muy cotizada por los comercializadores pudiendo ser enviada a diferentes lugares con buena duración de postcosecha. Hábito de crecimiento similar a Chandler, con mayor desarrollo se recomienda una densidad de plantación de 6 plantas/m². Es sensible a enfermedades fungosas como "Oidium", en especial en climas lluviosos y calurosos, por lo que hay que prestar atención a prevenir con aplicaciones de pesticidas a tiempo, y plantar a mayor distancia. Se puede plantar en Otoño y Verano, respondiendo con una producción temprana dependiendo del clima. (63) (Ver fotografía 7)

Oso Grande: De color rojo anaranjado, calibre grueso y buen sabor, la planta es vigorosa y de follaje oscuro cuyo inconveniente es la tendencia del fruto al rajado. No obstante presenta buena resistencia al transporte y es apto para el mercado en fresco. En zonas de invierno frío, el transplante se realiza durante el verano para la producción en el año siguiente, se aconseja una densidad de plantación de 6 - 7 plantas/m² colocadas en camellones cubiertos de plástico, con riego localizado y líneas pareadas. (63)

Chandler: Variedad de la Universidad de California, Es una planta semi erecta de día Corto, de tamaño medio, hojas de color verde pálido. Posee buena capacidad para producir coronas. El fruto tiene buen tamaño, es firme, buen sabor y color rojo por dentro. En determinadas condiciones climáticas la maduración es incompleta, quedando el ápice de la fruta de color verde o blanco. Muy cotizada por la agroindustria por sus cualidades organolépticas, con buen equilibrio azúcar – acidez, es por ello que esta variedad es especialmente apropiada para la industria del congelado. (63)

Pájaro: Planta de día corto, de poco desarrollo, sensible a Viruela, *Phytophthora*, *Botrytis* y *Oidio*, es de regular capacidad para producir coronas. No es muy productiva. El fruto se destaca por su calidad, es firme, ligeramente alargado, color rojo brillante y su interior también es rojo. De buen sabor, es una de las variedades de mayor aceptación en el mercado internacional. Recomendada especialmente para plantaciones de verano en zonas de inviernos fríos. En la costa se la puede plantar en Abril o Mayo, se adapta bien a plantaciones de alta densidad y presenta buena polinización. (63)

Selva: La planta de día neutro vegetación vigorosa y muy densa. Se adapta bien a suelos de poca fertilidad pero es sensible a *Botrytis*, *Oidio* y Viruela, también es atacada con facilidad por la arañita roja. Es muy productiva necesita frío antes de la plantación (1000 horas a 7 °C). El fruto es, alargado y regular, de buena presentación, color rojo brillante y no se oscurece. Buen tamaño y muy firme, no tiene muy buen sabor, es poco jugosa y muy dura al final de la temporada. Puede plantarse en verano, pero da mejores resultados en plantaciones de invierno. Muy buena variedad para producciones más tardías. Los resultados son muy dependientes del manejo. (63)

4.3.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA FRUTILLA



FOTOGRAFÍA N°7 FRUTILLA, VARIEDAD CAMARROSA

Respecto a sus propiedades nutritivas, 200 g de frutilla cubren la sexta parte de las necesidades de ácido fólico, el doble de las necesarias de vitamina C y el valor añadido de aportar solo 70 calorías. Dada su riqueza en antioxidantes, ácido fólico, potasio y salicilatos, está especialmente recomendada en dietas de prevención de riesgo cardiovascular y de enfermedades degenerativas y cáncer

Al igual que todas las frutas, su alto contenido en agua y potasio implica un efecto beneficioso sobre la hiperuricemia (altos niveles de ácido úrico en sangre), hipertensión arterial u otras enfermedades asociadas a retención de líquidos. En cálculos renales, por su contenido en ácido oxálico, también resulta beneficiosa. Aunque algo ácida (pH 3.4), la fresa es un alimento alcalinizante como ocurre con todas las frutas ricas en ácidos orgánicos. Un kilogramo de frutilla reduce en el organismo tanta alcalinidad como 9 gramos de bicarbonato sódico, pero sin sus inconvenientes (68).

En comparación con el resto de frutas, la frutilla contiene una cantidad moderada de hidratos de carbono y un valor calórico bajo. Destaca su aporte de vitamina C, sustancias de acción antioxidante y un alto contenido de ácidos orgánicos, entre ellos cítrico (de acción desinfectante), málico, oxálico y salicílico (de acción anticoagulante y antiinflamatoria). También es rica en minerales como potasio y magnesio. Su contenido en fibra es moderado. Como compuestos activos presenta pigmentos, aceite esencial, vitamina C, taninos y flavonoides (Murcia y Hoyos, 2001). En la tabla 6 se resume la composición básica de la frutilla. (68)

TABLA No.6 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA FRUTILLA POR CADA 100g DE PORCIÓN COMESTIBLE

Agua	80 - 90 %	Tiamina	0,03 mg
H. de Carbono	5 - 10 %	Riboflavina	0,03 mg
Proteínas	0,5 - 0,9 %	Niacina	0,6 mg
Grasas	0,1 - 0,4 %	Hierro	1 mg
Cenizas	1 - 3 %	Sodio	1 mg
Nº de calorías	37	Potasio	164 mg
Vitamina A	60 UI	Calcio	21 mg
Vitamina C	20 - 70 mg	Fósforo	21 mg

Fuente: Adaptada de Lobo & González, 2003; Folquer, 1986; Alcentral, 2006

Respecto a sus propiedades nutritivas, 200 g de fresa cubren la sexta parte de las necesidades de ácido fólico, el doble de las necesarias de vitamina C y el valor añadido de aportar solo 70 calorías. Dada su riqueza en antioxidantes, ácido fólico, potasio y salicilatos, está especialmente recomendada en dietas de prevención de riesgo cardiovascular y de enfermedades degenerativas y cáncer.

Al igual que todas las frutas, su alto contenido en agua y potasio implica un efecto beneficioso sobre la hiperuricemia (altos niveles de ácido úrico en sangre), hipertensión arterial u otras enfermedades asociadas a retención de líquidos. En cálculos renales, por su contenido en ácido oxálico, también resulta beneficiosa. Aunque algo ácida (pH 3.4), la fresa es un alimento alcalinizante como ocurre con todas las frutas ricas en ácidos orgánicos. Un kilogramo de fresa produce en el organismo tanta alcalinidad como 9 gramos de bicarbonato sódico, pero sin sus inconvenientes (68).

4.3.6. REQUISITOS CLIMÁTICOS PARA EL CULTIVO DE FRUTILLA

Aunque la frutilla por su centro de origen prefiere climas frescos, se adapta a los ambientes más diversos, desde los subárticos y subtropicales a las zonas cálidas desérticas y desde el nivel del mar a las elevadas latitudes del continente americano. Se cultiva en zonas desde 1200 hasta 2500 m.s.n.m. (63)

Temperatura y Humedad

La temperatura óptima para el cultivo es de 15 a 20 oC en el día y de 15 a 16 oC en la noche, temperaturas por debajo de 12 oC durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío, en tanto que un clima muy caluroso puede originar una maduración y una coloración del fruto muy rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización. La humedad relativa más o menos adecuada es de 60 y 75%, cuando es excesiva permite la presencia de enfermedades causadas por hongos, por el contrario, cuando es deficiente, las plantas sufren daños fisiológicos que repercuten en la producción, en casos extremos las plantas pueden morir. (63)

Pluviometría

La frutilla es un cultivo muy exigente en agua, una buena disponibilidad de este recurso representa la base necesaria para un cultivo rentable, en zonas donde las lluvias son insuficientes o mal distribuidas con relación al ciclo de la planta. Se considera un consumo hídrico de 400 - 600 mm anuales posee la mayor parte de sus raíces en la zona superficial y absorbe la mayor parte de sus necesidades de agua de los primeros 30-40 cm de profundidad. (63)

Viento

Si la presencia de vientos es significativa se puede contrarrestar su acción plantando cortinas cortavientos de unas 2 ó 3 filas de especies forestales de comprobada adaptación a los suelos en que se cultiva frutilla. (63)

Suelo

La frutilla se adapta a suelos de diversas características, pero se desarrolla en forma óptima en aquellos con textura franco-arenosa o arenoarcillosa. En el caso de suelos arenosos se debe disponer de la humedad suficiente. El pH óptimo es de 6.5 a 7.5 , aunque en suelos con pH de 5.5 a 6.5. no presenta problemas. Idealmente, el suelo debe tener altos niveles de materia orgánica entre 2 y 3%. Se deben evitar los suelos salinos, con concentraciones de sales que originen conductividad eléctrica en extracto saturado superiores a 1 mmhos/cm, ya que, niveles superiores pueden originar disminución en la producción. (63)

4.3.7. CICLO DE CULTIVO DE LA FRUTILLA

Cuando se dispone de facilidades de riego, las siembras pueden efectuarse durante todo el año, sin embargo las épocas se determinan de acuerdo a los requerimientos del mercado, tratando de programar, la superficie de siembra, el periodo de mayor cosecha tanto para atender al mercado en fresco y en congelado y desde luego la capacidad de manejo de las plantas de recepción y procesamiento de la fruta.

Plantaciones de verano: Se efectúa desde diciembre hasta principios de marzo dependiendo de la variedad. Como esta plantación se hace en pleno verano con plantas que han permanecido por seis meses en frigorífico, se debe mantener una muy buena humedad mediante riegos continuos y superficiales, de preferencia por aspersión, para lograr un buen establecimiento.

Las primeras flores aparecen a los siete u ocho semanas después de la plantación, pero conviene estimular estas flores para estimular el crecimiento de las plantas. La segunda floración que empieza en agosto o septiembre, dependiendo de la localidad en que se explota comercialmente. (63)

Plantaciones de Invierno: Aunque se planta entre abril y mayo se denomina de invierno porque las plantas crecen en esta estación. Recomendado para las zonas costeras con clima suave, libre de heladas, las plantas deben provenir de viveros donde las bajas temperaturas. Cuando se dispone de facilidades de riego, las siembras pueden efectuarse durante todo el año, sin embargo las épocas se determinan de acuerdo a los requerimientos del mercado, tratando de programar, la superficie de siembra, el periodo de mayor cosecha tanto para atender al mercado en fresco y en congelado y desde luego la capacidad de manejo de las plantas de recepción y procesamiento de la fruta. (63)

4.3.8. METODOS DE PROPAGACIÓN DE LA FRUTILLA

División de coronas: No es muy utilizado ya que se emplea en variedades que no estolonizan o estolonizan escasamente, pero que generalmente producen coronas secundarias. Es posible utilizar plantas madres de más de un año de edad. Cuando se

han enraizado las coronas secundarias dan origen a nuevos hijuelos bien formados con buenas raíces que se utilizarán en la nueva plantación. (63)

Estolones: Es el método más empleado, consiste en que las plantas madres emitan estolones que enraícen originando plantas hijas, las plantas madres se colocan a distancias de 1,5 a 2 metros entre filas y 0,80 metros entre plantas, a medida que los estolones avanzan es necesario peinarlos con un rastrillo para permitir que todos enraícen al mismo lado de las filas para facilitar las labores de cultivo. Una planta madre puede dar 50 hijas útiles, se recomienda con este método dar un máximo desarrollo a las plantas madres para estimular la formación de un mayor número de estolones. (63)

Micropropagación: La propagación in vitro está sustituyendo a los otros métodos, puesto que las plantas son producidas en laboratorios, bajo condiciones especiales, de tal manera que reúnen las mejores condiciones de sanidad, vigor y características genéticas similares a las plantas madres (63)

4.3.9. SISTEMA DE SIEMBRA:



FOTOGRAFÍA N°8 FRUTILLA, MODO DE SIEMBRA

Las plantaciones de frutilla se efectúan de diferentes formas según el medio ambiente y el tipo de suelo, destino de la producción, tamaño de la explotación y grado de mecanización. Por lo general se hacen platabandas altas (10-25 cm) y de 60-80 cm de ancho con dos filas de plantas en quincuncio, el ancho y alto de la platabanda también va a depender del tipo de riego a emplear.

Se recurre a film de polietileno negro para evitar el crecimiento de las malezas, aumentar la temperatura de la rizósfera, impedir el contacto de los frutos y el suelo. Primeramente se extiende la lámina plástico negro, y luego se hacen los orificios con herramientas adecuadas para proceder a la siembra de las plantas. En todos los casos la lámina debe estar bien estirada, sin depresiones, para evitar la acumulación de agua lluvia que pueden provocar la pudrición del fruto. (63)

Platabandas de hilera simple:

Se usan generalmente en terrenos sin problemas de salinidad y con mayor pendiente.

Platabandas de doble hilera:

Con este sistema hay menos pudrición de frutas ya que el agua de riego no está en contacto con las plantas, y se reduce el daño por acumulación de sales tóxicas en la zona radicular. Pueden ser regadas por surcos o por una línea de goteros o manguera porosa. La densidad puede llegar a 55000 plantas/ha (0.35 m entre hileras y 0.20 m entre plantas).

Platabandas de cuatro hileras:

Principalmente en suelos livianos, el riego se hace por goteo, con doble manguera, permite una densidad de 100000 a 110000 plantas/ha. Es conveniente dar a las raíces un tratamiento preventivo con fungicidas como antes de plantarse. (Ver fotografía 8) (63)

4.3.10. PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA FRUTILLA

El fresal y su fruto, la fresa, se ven atacados por una serie de plagas como arañita roja (*Tetranychus sp*), pulgones (*Mizus persicae* y *Aphis sp*), gusano de tierra (*Agrotis sp* y *Feltia sp*),... y enfermedades como la mancha de la hoja (*Mycosphaerella fragariae*), la podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) y el Oidium (*Spheroteca macularis*), las cuales implican una serie de daños como cortes, “amarilleamientos”, manchas rojizas o curvado de los bordes en las hojas, debilitamiento de la raíz y putrefacción del fruto.

Frente a esta serie de infecciones existen en el mercado productos como abamectina, demitoato, cebos tóxicos (carbaryl+melaza+afrecho), mancozeb, zineb, benomil,... (SIRA, 2000).

Podredumbre por *Botrytis cinerea*:

Es un hongo capaz de atacar una gran diversidad de frutas y hortalizas durante el almacenamiento postcosecha, así como arbustos, flores, árboles y malezas en cultivo (35). La enfermedad se ve favorecida por condiciones de elevada humedad y baja ventilación. Con algunas excepciones, *Botrytis* ataca principalmente tejidos blandos (flores, pétalos, yemas, plántulas o frutos), tejidos débiles o dañados y tejidos senescentes o muertos (Ver Fotografía8).

Los ataques de *Botrytis* son frecuentes en cultivos en invernadero, especialmente durante la primavera y otoño cuando las condiciones para el desarrollo del patógeno resultan más favorables. El hongo ocasiona daños en los botones florales y yemas, aunque también puede producir otro tipo de problemas como manchas en hojas y podredumbre radicular. Durante el almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas, las podredumbres ocasionadas por *Botrytis* suelen ser muy importantes y de difícil control, ya que este hongo puede continuar creciendo aún a temperaturas cercanas a 0°C (43).

La infección comienza en las flores, pero los síntomas se observan comúnmente en los frutos. Las lesiones en muchos casos se observan en la zona basal y se asocian con la presencia de estambres o pétalos infectados adheridos a la fruta o atrapados bajo el cáliz. Las infecciones también pueden producirse a través de rajaduras, cortes, lesiones, daños por insectos y otros patógenos (3).

Las lesiones comienzan como manchas firmes, pequeñas, de color amarillento, que rápidamente se expanden formando regiones marrones irregulares de aspecto blando. Luego se cubren de micelio blanco y esporas color grisáceo. A partir de aquí, puede continuar su expansión y destruir totalmente el fruto pudiendo eventualmente momificarlo. Los frutos enfermos pueden liberar un elevado número de esporas favoreciendo la diseminación de la enfermedad (35).



FOTOGRAFÍA N°9: ATAQUE DE *BOTRYTIS* EN FRUTOS EN DESARROLLO Y FRUTOS MADUROS

Podredumbre por *Rhizopus sp.*

La podredumbre por *Rhizopus* es característica de la postcosecha de frutillas, aunque también puede ocurrir en el campo en frutos maduros. Las esporas se encuentran usualmente en el aire y pueden diseminarse fácilmente. El hongo penetra en frutos maduros sólo a través de heridas. Los frutos infectados se observan levemente decolorados y se tornan gradualmente de color marrón claro. (37)

Luego colapsan rápidamente y comienzan a exudar. Bajo condiciones de elevada humedad, se cubren de una masa densa de micelio blanquecino que posee largos esporangióforos que finalizan en esporangios negros. Este problema se encuentra ampliamente distribuido pero su importancia ha sido minimizada ya que el enfriamiento por debajo de 5°C limita el crecimiento y esporulación de *Rhizopus sp.* (37).

Oídio (*Sphaerotheca macularis*):

Es un hongo muy común en áreas de gran humedad ambiental y frío. Los órganos más afectados son las hojas, cáliz de las flores y frutos. El síntoma más característico es el curvamiento de los márgenes de las hojas hacia arriba, acompañado de un velo blanquecino. Si el ataque es muy severo, el envés de las hojas adquiere un color rojizo. (63)

4.3.11. USOS DE LA FRUTILLA

Medicinal: Se la emplea también como planta medicinal, con las siguientes propiedades: La frutilla purifica el aparato digestivo y es, además, una gran aliada para el tratamiento de la tensión alta y para prevenir enfermedades como la anemia, la gota (ayuda al organismo a eliminar el exceso de ácido úrico) y ciertos trastornos reumáticos, entre ellos, la artritis. Posee propiedades medicinales, pues contiene ácido elágico, un compuesto anticancerígeno. Por tener bajos niveles de azúcares, está recomendada como alimento para personas diabéticas. Es una de las frutas que según la FAO incrementó el consumo debido a las fuertes campañas del impacto positivo que tienen las frutas y hortalizas en la salud. (72)

Es diurético y posee también vitaminas A, B1, B2, y C. Tres a cuatro tazas diarias de la infusión de las hojas y las raíces nos ayudan contra el ácido úrico, gota y artritis. Contiene 10 % de albúminas, 8 % de azúcares y 1% de sales minerales (hierro, sodio, ácido salicílico, gracias a este último, producen en los artríticos la eliminación del ácido úrico, por lo que son un alimento medicamento). La gran cantidad de ácido ascórbico, así como de lecitina y pectina contenida en sus frutos, la hacen ideal para disminuir el nivel de colesterol de la sangre. Una infusión de las hojas es beneficiosa para las inflamaciones del intestino. La cocción de las raíces ayuda a disminuir las inflamaciones artríticas.

Sus frutos, muy ricos en vitamina C, tienen virtudes antianémicas y reconstituyentes. Resultan muy adecuados en la época de crecimiento. Las hojas machacadas y aplicadas sobre la piel constituyen un buen remedio para evitar las arrugas. Es baja en calorías y muy rica en sales minerales, especialmente hierro, magnesio y potasio. Además destaca su alto contenido de vitamina C, la cual cumple una función antioxidante, promueve un sistema digestivo saludable y disminuye el riesgo de enfermedades cardíacas y de cáncer de colon. (72)

El consumo de fresas protege contra enfermedades como el cáncer, la artritis y la anemia. Además, contiene un ácido que neutraliza los efectos cancerígenos del humo del tabaco. En medicina natural, se recomienda su consumo para limpiar y purificar el aparato digestivo. Las fresas facilitan la eliminación de sustancias de desecho, como el

ácido úrico, que causan inflamación en las articulaciones y en el riñón. Son muy recomendables en caso de artritis y de gota, causados por un exceso de ácido úrico. Debido a su contenido en mucílagos, facilitan el tránsito intestinal y la evacuación. Resultan indicadas para combatir el estreñimiento y la pereza intestinal. Se recomiendan especialmente en caso de anemia, inapetencia y estados de convalecencia de enfermedades febriles o debilitantes. Abren el apetito y estimulan las funciones metabólicas. (68)

Gastronomía: Fragaria se cultiva sobre todo por su uso en gastronomía. Las fresas son adecuadas en regímenes dietéticos, dado que tienen escasa concentración de glúcidos. Se consumen solas o mezcladas con azúcar, azúcar y vino, azúcar y nata, en helados, mermeladas y también son muy apreciadas en repostería como dulces, pasteles, tartas, su color rojo vivo da un toque especial como adorno alimenticio. Con la fresa se hace una bebida alcohólica compuesta de aguardiente denominada "licor de fresas". Siempre se debe conservar a la sombra y en un lugar resguardado del calor y de la humedad. (61)

4.3.12. ZONAS DE PRODUCCIÓN DE FRUTILLA EN EL ECUADOR

La mayor concentración de plantaciones comerciales a nivel nacional se encuentran en la provincia de Pichincha y Tungurahua como se observa en la tabla N°7:

TABLA 7: AREAS DE LA REGION ANDINA - CULTIVO DE FRUTILLA

PROVINCIAS	HECTAREAS COSECHADAS
Carchi	54
Imbabura	630
Pichincha	780
Cotopaxi	0
Tungurahua	468
Chimborazo	0
Bolívar	0
Cañar	0
Azuay	0
Loja	49
TOTAL	1.981

ELABORACIÓN: Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador (82)

4.3.13. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE FRUTILLA

Actualmente en el mundo, *Fragaria ananassa* es en la práctica la única especie del género *Fragaria* que es cultivada; sólo marginalmente se cultivan: *F. vesca*, *F. chiloensis*, *F. moschata* y *F. ovalis*. La frutilla posee un corto ciclo de desarrollo, una rápida entrada en producción y una alta interfertilidad entre especies del mismo género. En la actualidad existen programas de mejoramiento genético de frutilla tanto públicos (66%) como privados (34%).

Desde 1990 hasta la fecha, la generación anual de nuevas variedades en el mundo es de 29 variedades. EUA es el país que más variedades ha producido en los últimos 20 años, le siguen Francia, Canadá, Italia, Japón. El único país del Hemisferio Sur que ha desarrollado variedades es Australia. El 95% de la producción mundial se concentra en el Hemisferio norte siendo la especie tipo "berry" más extensamente cultivada. Los grandes productores mundiales son EE.UU., México, España y Polonia, y los principales compradores son el mismo EE.UU., Canadá, China y Japón. (63)

En 2008 Ecuador exportó 22 millones de dólares, con 23 toneladas de frutillas; y en 2009, se han vendido, 12 millones y más de 21 toneladas, según cifras de la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (Corpei). A diferencia de otros países, en Ecuador solo se necesita un mes y 20 días para que la planta florezca y 20 días más para la recolección.

Se producen y exportan, aunque en pequeña escala, las variedades Chandler, Oso Grande, Taft, fresno y tioga, hacia Chile, Estados Unidos y Holanda. Una nueva variedad es la "Cama Rosa", apetecida en los mercados internacionales por el tamaño de su fruto, consistencia y sabor. Se estima que el rendimiento de las plantas alcanza dos kilos por año, dependiendo de la variedad.

Actualmente, la fruta se distribuye en almacenes de cadena como Supermaxi, heladerías, restaurantes, y también venden a terceros que luego se encargan de la comercialización. (62)

4.3.14. COMERCIALIZACIÓN DE LA FRUTILLA

En nuestro país la frutilla o fresa es comercializada de manera tradicional y directa, mediante el uso de cajas de madera con papel periódico como material amortiguante, dispuesto en el fondo, como muestra la fotografía 8. También es muy común el uso de bolsas plásticas. En los supermercados y comisariatos se utilizan tarrinas plásticas. Las cajas no son embalajes apropiados y en consecuencia las pérdidas postcosecha que se han registrado son muy altas (47).



FOTOGRAFÍA N°10: ENVASES EN LOS QUE SE COMERCIALIZA LA FRUTILLA

4.4. FISIOLÓGÍA DE LAS FRUTAS

Las frutas frescas son tejidos vivos sujetos a continuos cambios después de la cosecha. Una característica muy importante es el hecho de que respiran y también que transpiran. Mientras permanecen unidas a la plantas de procedencia, las pérdidas ocasionadas por la respiración y la transpiración se compensan mediante el flujo de la savia, que contiene agua, fotosintatos (especialmente sacarosa y almidón) y minerales. Tras la recolección continúan respirando y transpirando y dependen exclusivamente de sus reservas alimenticias y de su propio contenido en agua. En esta etapa, las pérdidas de sustratos respirables no se compensan y se inicia el proceso de deterioro (58).

4.4.1. DESARROLLO FISIOLÓGICO

La vida de las frutas y hortalizas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales, subsiguientes a la germinación: el crecimiento, la maduración y la senescencia, como se observa en la figura 3

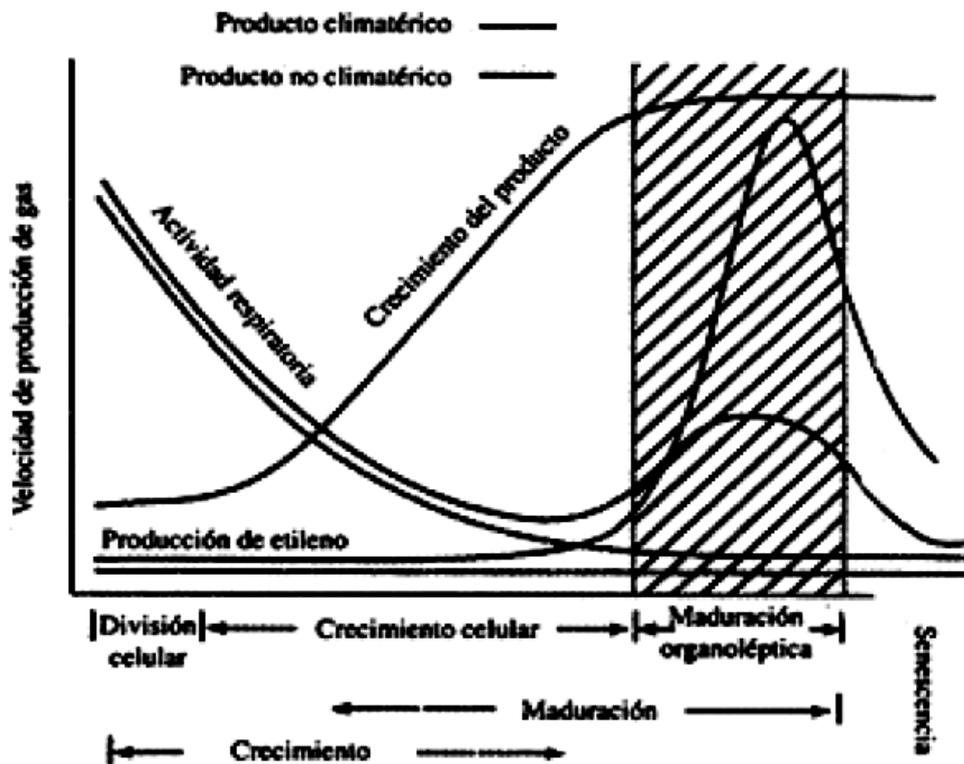


FIGURA 3: PAUTAS DE CRECIMIENTO, RESPIRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ETILENO DE ÓRGANOS VEGETALES CLIMATÉRICOS Y NO CLIMATÉRICOS. (58)

4.4.1.1. Crecimiento

Implica la división celular y el subsiguiente crecimiento de las células, que en conjunto dan cuenta del tamaño finalmente alcanzado por el producto (58).

4.4.1.2. Maduración

Es el resultado de un complejo conjunto de transformaciones, muchas de las cuales, probablemente, sean independientes entre sí. Este proceso implica:

a) Maduración fisiológica: esta suele iniciarse antes de que termine el crecimiento. Al crecimiento y maduración fisiológica suele hacerse referencia conjunta cuando se habla de fase de desarrollo.

b) Maduración organoléptica: es una etapa en la cual se transforma un tejido fisiológicamente maduro, pero no comestible, en otro visual, olfativo y gustativamente

atractivo. Comienza durante las etapas finales de la maduración y constituye el pértico de la senescencia. En el idioma inglés, se utiliza el término “ripening” para hacer referencia a la maduración organoléptica.

El inicio de la maduración organoléptica natural se acompaña, en los frutos climatéricos, de un incremento en la producción de etileno. En el caso de las frutas y hortalizas no climatéricas el etileno no parece ser beneficioso, ya que lo único que hace es reducir la calidad postcosecha y acelerar la senescencia, lo que se pone de manifiesto en los cambios de textura, sabor y aroma y el aumento de las lesiones por el frío y el deterioro microbiano (58).

4.4.1.3. Senescencia

Se define como un período durante el cual los procesos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degenerativos), lo que conduce al envejecimiento y, finalmente, a la muerte tisular. El crecimiento y la maduración fisiológica de las frutas exigen que permanezcan unidas a la planta, pero la maduración organoléptica y la senescencia pueden tener lugar en la poscosecha (58).

4.4.2. TRANSFORMACIONES QUÍMICAS DURANTE LA MADURACIÓN

4.4.2.1. Color

Es el más manifiesto de los cambios experimentados por muchas frutas durante la maduración y, con frecuencia, el más importante de los criterios utilizados por los consumidores para decidir si la fruta está o no madura, es el color (58).

4.4.2.2. Hidratos de carbono

El cambio más importante asociado a la maduración de los frutos y hortalizas es la degradación de los hidratos de carbono poliméricos. Estas transformaciones tienen un doble efecto cambiar el sabor y la textura del producto. El aumento del contenido de azúcares hace más dulces a los frutos e incrementa su aceptabilidad.(58)

Cabe destacar que incluso en los frutos no climatéricos, el desarrollo de una calidad comestible óptima se halla asociado al incremento de azúcares, aunque en este caso no procedan de la degradación de sus reservas amiláceas, sino de la savia que llega al fruto (58).

4.4.2.3. Ácidos orgánicos

Durante la maduración, disminuye el contenido en ácidos orgánicos, ya que estos son convertidos en azúcares. Los ácidos orgánicos más importantes que se encuentran en la frutas son los ácidos málico, cítrico, tartárico, isocítrico y el ascórbico (Gil, 2001).

4.4.2.4. Aroma

Es consecuencia de la síntesis de numerosos compuestos orgánicos volátiles, durante la fase madurativa. Las frutas no climatéricas producen volátiles durante la maduración organoléptica, pero no tan aromáticos como los de las climatéricas; sin embargo, los volátiles producidos por las frutas no climatéricas siguen teniendo importancia en la determinación del grado de aceptación por el consumidor (58).

4.5. CONTROL DE CALIDAD DE FRUTAS

4.5.1. Concepto de calidad

Es el conjunto de propiedades biológicas, físicas y químicas que determinan el grado de adecuación de un alimento o materia prima alimenticia a los requerimientos sanitarios, nutricionales, sensoriales y físico-mecánicos que deben ser satisfechos para el consumo humano directo, su preparación culinaria o su beneficio y transformación industrial (42)

4.5.2. Control de calidad

Puede considerarse como el mantenimiento de niveles de calidad aceptables para el comprador dentro de los costos de producción favorables para el productor. Para el control de la materia prima y del proceso se emplean generalmente constantes físicas y químicas de fácil y rápida determinación tales como: Color, textura, acidez, grados Brix,

porción comestible, índice de madurez, y la ausencia de daños externos e internos de la fruta. (42)

4.5.2.1. **Color:** Es un factor crítico en los frutos por doble motivo: a) Es decisivo en la apariencia del fruto b) Es indicativo casi siempre, del grado de madurez del fruto y de la lozanía del mismo. El color puede medirse por métodos subjetivos, es decir, por apreciación humana de las intensidades y tonos. También es posible determinar el color por medidas objetivas o sea, por medio de aparatos sensitivos electrónicamente, a la reflexión de la luz producida por los colores de los objetos opacos. (45)

4.5.2.2. **Textura:** Es una propiedad física que es medida por el sentido del tacto, la mano y la boca son nuestros instrumentos primarios. La textura generalmente se mide por el principio de resistencia a una presión mecánica que ejercen los tejidos de las frutas; utilizándose como instrumentos de medida los tenderómetros, el fibrómetro, el penetrómetro, entre otros (45)

4.5.2.3. **Tamaño:** Es considerado factor de calidad pero para cada variedad, el tamaño es diferente. a la hora de calificar hay que tomarlo en cuenta ya que para cada variedad hay un tamaño óptimo de desarrollo. No siempre el fruto más grande, es el de mejor calidad. Generalmente ocurre para efectos de comercialización, que el de mayor peso puede ser el de mayor rendimiento económico. (45)

4.5.2.4. **Acidez:** Las frutas y vegetales presentan generalmente una reacción ácida con variaciones amplias, ya que durante los procesos metabólicos normales, se forman muchos ácidos orgánicos en los tejidos de las plantas. Los ácidos cítricos son los más frecuentes y abundantes en tejidos de plantas comestibles. En la mayoría de las frutas, el contenido de ácidos orgánicos disminuye durante y después del proceso de maduración. Cuando se dice que el fruto está maduro, el nivel de acidez está bajo. El grado de acidez de la fruta se mide por titulación química y se expresa en porcentaje de ácido cítrico. (45)

4.5.2.5. **Grados Brix:** Otro cambio bioquímico importante son los que sufren los hidratos de carbono. La degradación de los polisacáridos de las membranas celulares, ejercen una contribución importante sobre el aumento en contenido de azúcares. La

cantidad de estos sólidos se expresan en grados brix, y estas lecturas, se hacen con ayuda del refractómetro que da los grados Brix que son los sólidos solubles totales del jugo correspondiente. (45)

4.5.2.6. **Porción Comestible:** Es el porcentaje de fruta disponible para el consumo humano o para usos industriales (45)

4.5.2.7. **Índice de madurez:** Es la relación simple entre acidez (gr/mL) y porcentaje de sólidos solubles disueltos es decir, acidez/Grados Brix. Este parámetro suele ser un índice muy usado para evaluar la madurez de los frutos, pues a medida que el fruto madura, la acidez baja, entre tanto que el porcentaje de azúcares (sólidos solubles) aumenta. (45)

4.5.2.8. **Ausencia de daños internos y externos de la fruta:** Producida por magullamiento, por golpe o manoseo, agujeros por perforación mecánica o por gusanos, manchas por enfermedades del producto, rasgadura, rayas, raspones, ennegrecimiento, etc. (45)

4.5.2.9. **Normas de Comercialización:** Hasta el momento de la realización de este proyecto en el Ecuador no existe una norma para la exportación de fruta fresca en cuanto a Moras, Frutilla y Uvillas, por tanto se toma como referencia la norma NTC 1406, del INCONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) (28)

4.6. FACTORES QUE INCIDEN EN EL MANEJO POSTCOSECHA

4.6.1. Anteriores a la recolección.

4.6.1.1. Suelo:

Las características del suelo son de gran importancia para que una planta pueda tener un buen desarrollo y sus frutos sean de óptima calidad; es así como la mejor fruta sale en conjunto de terrenos de textura media (terrenos francos)/ la coloración, así como una mayor porosidad, se ven favorecidos en terrenos ligeros, y sueltos; sin embargo la

conservación resulta mejor cuándo el terreno es franco o ligeramente pesado. Un alto contenido de humedad en el suelo, al dar mayor vigor retrasa la maduración (40)

4.6.1.2. Clima:

Este factor influye en el tiempo de duración de la conservación de las frutas en postcosecha, incluye éste factor climático la humedad relativa, temperatura, vientos y precipitación. Cuando se presentan lluvias fuertes o abundantes después de un periodo seco prolongado, pueden entre otras alteraciones, producir agrietado o escisión de la fruta; la fruta procedente de un clima cálido y seco se conserva más y mejor que aquella fruta que procede de un ambiente frío y húmedo.

En zonas de noches frescas en verano la fruta colorea mes que en los ambientes en que no se establecen diferencias notables entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Así mismo frutos de zonas cálidas con baja humedad relativa, maduran lentamente en la postrecolección y se deterioran menos que en condiciones distintas. Algunas enfermedades actúan menos en temperaturas altas y lluvias escasas, en condiciones contrarias a estas algunas enfermedades son más severas. (40)

4.6.1.3. Condiciones culturales:

Son aquellas labores que se realizan con el objetivo que la planta tenga las condiciones favorables para su normal desarrollo. (40)

4.6.1.4. Abonado:

Las exigencias de abonado para obtener frutas de calidad y buena conservación se resumen en realidad en una sola: Equilibrio.

- Un exceso de fertilización nitrogenada rinde a los frutos más sensibles alteraciones fisiológicas y patológicas. A mayor contenido de nitrógeno en el fruto, mayor es la intensidad respiratoria del mismo y a mayor intensidad respiratoria, menor es la capacidad de conservación.

- El potasio favorece la conservación, mejora las características organolépticas y aumenta la resistencia de enfermedades fúngicas.
- El exceso de boro puede provocar la aparición de manchas en el interior, mientras que la carencia puede determinar la aparición de puntuaciones suberosas
- Un contenido bajo de calcio suele ir asociado a podredumbres y escaldado mientras que un contenido suficiente en calcio garantiza una buena conservación. (40)

4.6.1.5. Poda:

Este factor puede influir de dos formas, por un lado aumenta el tamaño de los frutos y disminuye la acidez, por otro cuando las podas se realizan en forma muy enérgica pueden influir haciendo a las frutas más susceptibles a la fisiopatías. (40)

4.6.1.6. Tratamientos fitosanitarios:

Con estos tratamientos lo que se busca es obtener una fruta exenta de lesiones producidas por parásitos animales o por hongos, bacterias etc., así como la de tratar preventivamente contra diversos hongos productores de podredumbres en la conservación; contra Bitter-pit, escaldado. (40)

4.6.1.7. Cuidados en la recolección.

La operación de recolección, cualquiera que sea la fruta, pero con destino a una buena conservación requiere:

- Que se recolecten frutos con adecuada madurez de recolección.
- Que la fruta sea trasladada con el máximo cuidado, evitando golpes, rosaduras, lesiones producidas por el embalaje, por el peciolo de otras frutas.
- No recolectar fruta húmeda o en tiempo muy húmedo y de forma especial evitarlo en las variedades amarillas.

- Al recolectar, manipular al igual que en operaciones de selección es recomendable usar guantes para evitar lesiones en la piel de la fruta que se traduce en inevitables podredumbres.
- La recolección debe iniciarse siempre por el exterior para irse adentrando en la copa.
- La calidad del trabajo en la recolección resulta imprescindible; nunca debe efectuarse a destajo; ya que suele coincidir la rapidez del trabajo con la mayor cantidad de lesiones, extirpado de peciolas etc.
- Por razones de índole económico es aconsejable reducir al máximo el número de recolecciones (40)

4.6.2. Factores posteriores a la recolección:

4.6.2.1. Manejo del producto:

Para lograr conservar la fruta por más tiempo y así reducir al máximo las pérdidas debido a un inadecuado manejo del producto después de la recolección se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Los frutos después de recolectados se seleccionan y se clasifican de acuerdo a especificaciones como tamaño, madurez, peso, color, daños mecánicos y estado de sanidad.
- La manera de acomodar y manejar las frutas durante el transporte es muy importante. Esto protege la calidad y reduce el daño del producto. La carga debe estar fija para evitar que se mueva, los recipientes deben estar acomodados de tal manera que se permita buena circulación del aire a través del producto.
- Reducir al máximo el tiempo entre el corte de la fruta y el almacenamiento.
- Una vez en el almacén el producto debe ser nuevamente seleccionado y clasificado para evitar infecciones causadas por frutas que se han dañado durante el transporte.

- Para lograr el mejor almacenamiento de los productos estos serán sometidos a tratamientos con fungicidas o contra alteraciones fisiológicas, lo cual se realiza mediante fumigaciones, nebulizaciones o espumaciones en el tiempo oportuno.
- Los productos se deben empacar en recipientes o empaques tales como cajas de cartón, madera, plástico, etc.
- Estos envases deben proteger, preservar, almacenar y exhibir los productos (38)

4.6.2.2. Microorganismos:

Son los encargados de producir alteraciones en los tejidos de los frutos (reblandecimiento, exudación, sabor y olor desagradable).

Este deterioro es llevado a cabo por bacterias (*Erwina*, *Pseudomonas*) y/o por hongos (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*), que finalmente lleva a la fruta a una destrucción total (putrefacción). Los microorganismos atacan desde diferentes orígenes:

- Contaminación original adquirida en la planta.
- Contaminación adquirida en la cosecha (tierra, manos, polvo, basura etc.).
- Contaminación adquirida en el transporte y manejo (canastas, pisos de camiones etc.).
- Contaminación en el almacenamiento (otras frutas dañadas e insectos).(42)

Todos estos ataques se ven favorecidos por la humedad y el calor. La cutícula es una barrera natural que impide el ataque de los microorganismos a las frutas. Esta cutícula puede ser removida por daños físicos debido al mal manejo y una vez abierta esa falla en la superficie la cáscara o bien el tejido superficial de la fruta ya no presenta gran resistencia al ingreso de microorganismos.

Una vez adentro los microorganismos producen enzimas pectolíticas (destructoras de las estructuras y tejidos blandos) que rompen la resistencia del fruto y permiten que tales microorganismos se propaguen rápidamente (42)

4.6.3. Factores fisiológicos

4.6.3.1. Respiración:

Este término designa dos clases de fenómenos fisiológicos:

- a) La absorción de oxígeno y liberación de anhídrido carbónico que tienen lugar en desarrollo del metabolismo del tejido viviente.
- b) Los complejos procesos bioquímicos y bioenergéticos que acompañan y determinan dicho intercambio gaseoso y que tienen lugar en el interior de las células que integran el tejido o producto frutícola.

El consumo de oxígeno, la liberación de bióxido de carbono y la generación de calor son por lo tanto las manifestaciones externas y además mesurables de la respiración. De allí que se utilice para determinar el ritmo y velocidad del proceso respiratorio en las frutas cosechadas. (40)

La velocidad a que transcurre la respiración de un producto constituye un índice de 1 a actividad metabólica de sus tejidos y una guía útil de su vida comercial. Si se sigue la actividad respiratoria de una fruta a través del consumo de oxígeno o el desprendimiento del dióxido de carbono por unidad de tiempo a lo largo de su maduración se obtendrá una pauta respiratoria característica. (40)

De acuerdo a la pauta respiratoria de los productos estos se clasifican en climatéricos y no climatéricos; en los primeros la intensidad respiratoria disminuye hasta llegar a un mínimo, para subir rápidamente a un máximo y después volver a disminuir paulatinamente hasta anularse y en los segundos la intensidad respiratoria disminuye paulatinamente hasta llegar a anularse con la muerte del fruto. (40)

A continuación se relacionan algunos productos climatéricos y no climatéricos: (40)

Climatéricos	No Climatéricos
Manzanas	Mora
Durazno	Cereza
Aguacate	Fresa
Banano	Uvilla
Mango	Limón
Patilla	Piña
Papaya	Mandarina
Pera	Naranja
Ciruela	Tomate de Árbol
Chirimoya	Uva

4.6.3.2. Transpiración:

En las frutas el fenómeno de la transpiración, que es la eliminación de vapor de agua reviste igual importancia que el de la respiración. Antes de ser cosechado el fruto, este recibe agua por intercambio de la linfa que llega de las raíces, recuperando de esta forma el vapor de agua que libera el proceso de transpiración en cambio en el fruto aislado no hay compensación y la pérdida de agua se traduce en pérdida de peso considerable) arrugado de la piel, etc. Durante la transpiración muchas veces también se altera el aroma, puesto que con el agua se volatilizan los compuestos aromáticos encargados de dar olor y sabor característico a cada fruto. (42)

Los fenómenos fisiológicos antes descritos; respiración y transpiración, estén regidos en su ritmo de manera general por dos tipos de factores:

- a. Factores intrínsecos:** Tales como especie, variedad, parte u órgano de la planta, anatomía del tejido, edad o grado de desarrollo y tamaño del producto, daños en la cáscara, cutícula o pulpa y presencia de reguladores de crecimiento. (42)

- b. Factores extrínsecos:** También llamados ecofisiográficos tales como humedad relativa, temperatura, composición química del aire que circunda el producto y movimiento del aire o ventilación. (42)

4.7. CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

El empleo de agentes químicos para prevenir o retardar el deterioro de los alimentos se debe, en parte, al hecho de que estos compuestos han sido usados con mucho éxito en el tratamiento de enfermedades del hombre, animales y plantas. Esto no significa que cualquier compuesto quimioterápico pueda ser utilizado para conservar alimentos. Por otra parte, existen algunos productos químicos de interés como conservadores de alimentos, pero que resultan ineficaces o demasiado tóxicos como compuestos quimioterápicos. (71)

Con la excepción de ciertos antibióticos, ninguno de los conservadores, actualmente empleados, encuentran una aplicación real en el hombre y animales como sustancias quimioterápicas. Aunque se ha puntualizado que una gran cantidad de agentes químicos son activos en la conservación de alimentos, solamente se ha permitido añadir a éstos un número relativamente pequeño de ellos.

Esto es debido, en gran parte, a las rigurosas normas de seguridad señaladas por la FDA y, en menor proporción, al hecho de que no todos los compuestos que presentan actividad antimicrobiana la conservan cuando se añaden a determinados alimentos (71)

El empleo de conservadores químicos en la conservación de las frutas se ha aplicado en forma de baños, pulverizaciones o impregnando los papeles en que aquellas se envuelven. Entre las sustancias aplicadas superficialmente con este fin están ceras, hipocloritos, difenilo y ortofenilfenato sódico alcalino. Se han empleado para impregnar envolturas de las frutas una gran variedad de sustancias, entre las que citaremos yodo, sulfitos, difenilo, o-fenilfenol más hexamina y otras.

El dióxido de carbono, ozono y etileno, junto con los hidrocarburos clorados, se han empleado en forma de gases o nieblas, para el tratamiento de frutas. El dióxido de

azufre y el benzoato sódico son conservadores que se han aplicado directamente a las frutas y derivados. La mayor parte de los conservadores citados se usan principalmente para impedir el crecimiento de hongos. (15)

Se han utilizado diversos procesos que tienen como fin evitar la proliferación microbiana en los alimentos. Dentro de los métodos de control más utilizados se encuentran el tratamiento térmico (pasteurización, esterilización), irradiación (radiación UV), almacenamiento abajas temperaturas (congelación, refrigeración), conservantes químicos(nitritos), conservación por medio de sustancias naturales que poseen actividad antimicrobiana, tales como los aceites esenciales derivados de plantas, entre otros (2):

4.7.1. Conservación frigorífica:

Se basa en la idea de que las temperaturas de refrigeración reducen el crecimiento microbiano y la actividad enzimática; dicha técnica aplica temperaturas constantes sobre el producto a conservar, siempre por encima del punto de congelación para prolongar la conservación económica. El intervalo de temperaturas a trabajar para frutos y hortalizas se extiende desde los -2°C hasta los 15°C, con una duración de la conservación de dos semanas a ocho meses. Por el método convencional se usan temperaturas inferiores a los 5°C y superiores a -1°C (punto cercano al punto de congelación, según los sólidos solubles disponibles en el fruto); con una humedad relativa del 85-95% y con renovación del aire, para evitar la concentración de CO², etileno y volátiles (53).

Para el caso de la mora los reportes indican una vida de anaquel de entre dos a tres días almacenada a - 0.5 - 0°C y a 90-95% de humedad relativa. Para la frutilla se reporta una vida de anaquel de 5 a 6 días almacenada 0°C y a 90-95% de humedad relativa, mientras que para la uvilla se presenta una vida de anaquel de cuatro a ocho semanas almacenada a - 0.5 - 0°C y a 85% de humedad relativa. (16).

4.7.2. Conservación en atmósferas controladas/modificadas (AC/AM):

Esta técnica consiste en la sustitución de los gases de los tejidos en los productos frescos por uno o más gases siguiendo una secuencia apropiada; el interés de este método radica en encontrar gases apropiados y seguros frente a bacterias y enzimas. Los

gases comúnmente utilizados para el desarrollo de AC/AM son: oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxido de etileno, óxido de propileno y/u ozono.(5)

4.7.3. Conservación por calor:

Una de las formas más antiguas de conservación, tiene gran valor como barrera para reducir los microorganismos e inactivar enzimas; el principal problema con esta técnica es la degradación del gusto, textura, color y calidad nutritiva de los productos tratados. Las formas de transferencia de calor existentes son: vapor, agua caliente y aire caliente.(5)

4.7.4. Conservación utilizando irradiación:

Se refiere a radiaciones electromagnéticas sobre el alimento de interés, teniendo en cuenta que las longitudes de onda más cortas son las más lesivas para los sistemas biológicos. Ejemplos de las radiaciones más empleadas son los rayos γ , infrarrojos, microondas y luz ultravioleta.(5)

4.7.5. Reducción de la actividad de agua (a_w):

Método basado en la desecación de los alimentos hasta niveles no soportables para los microorganismos vegetativos; ello realizando la desecación del alimento o adicionando ingredientes con una elevada presión osmótica para formar complejos con el agua del producto. Un claro ejemplo de la aplicación de esta técnica es la incorporación de azúcar, como agente depresor de la actividad de agua, al puré de durazno durante la elaboración de mermelada, para obtener un producto de humedad intermedia. (5)

4.7.6. Aplicación de métodos combinados:

Técnica basada en la aplicación de diversos factores (barreras) para la conservación de productos de fruta con alto contenido de humedad, por ejemplo: 1) aplicación de un ligero tratamiento térmico para inactivar enzimas y disminuir la carga microbiana inicial; 2) reducción de la a_w por adición de sacarosa o glucosa; 3) ajuste del pH, en caso

de ser necesario, adicionando ácido cítrico o fosfórico; 4) adición de conservadores, como sorbato de potasio o benzoato de sodio y sulfito de sodio o bisulfito de sodio, respectivamente (5).

4.7.7. Conservación química:

Asociada a conservadores que actúan como agentes antimicrobianos y/o antioxidantes. Dentro de las sustancias utilizadas se encuentran: conservadores, divididos en ácidos orgánicos (el principal objetivo de su uso es el ajuste del pH para evitar el crecimiento microbiano; entre los más utilizados se encuentran el ácido cítrico, benzoico, acético, láctico, propiónico, sórbico, málico, succínico y tartárico.) y conservadores indirectos (son antioxidantes, saborizantes, emulgentes o estabilizantes con una acción secundaria antimicrobiana, como por ejemplo: ésteres grasos de ácidos polihídricos; sustancias como el azúcar, la sal, antibióticos; antioxidantes como el ácido L-ascórbico, sulfitos; agentes quelantes como el EDTA; entre otros).(31)

4.8. CONSERVANTES NATURALES

Ciertas especias inhiben el crecimiento de microorganismos. En general son más efectivos frente a organismos gram-positivos que frente a bacterias gram-negativas:

- Canela, clavo y mostaza: gran poder conservante.
- Pimienta negra/roja, jengibre: inhibidores débiles frente a una gran variedad de microorganismos.
- Pimienta, laurel, cilantro, comino, orégano, romero, salvia y tomillo: actividad intermedia.
- Otros: anís, menta, hinojo, apio, eneldo, cúrcuma.

La función conservadora se debe a los aceites esenciales que poseen, en cuya composición poseen compuestos tipo eugenol o aldehído cinámico con poder antimicrobiano. (31).

Las sustancias esenciales naturales, se han utilizado desde épocas antiguas, como sustancias aromáticas y como preservantes. Los aceites esenciales cubren un amplio

espectro de actividades tales como efectos farmacológicos, antiinflamatorios, antioxidantes y anticancerígenos. Otros son biocidas contra una amplia gama de organismos como bacterias, hongos, virus, protozoos, insectos y plantas. También se ha estudiado la importancia de estos aceites debido a su disponibilidad, a los pocos efectos secundarios o a la toxicidad que puedan causar, así como la mejor biodegradabilidad comparado con antibióticos y preservativos disponibles (31).

Por todas estas propiedades, se ha evaluado el control que pueden ejercer estos compuestos contra microorganismos patógenos en alimentos, y por tanto, la posibilidad de ser utilizados como un método de eliminación. Muchas hierbas y especias han sido usadas durante siglos para proporcionar sabores diferentes a los alimentos y éstas pueden presentar también actividad antimicrobiana (55).

Los compuestos responsables de esta actividad son a menudo fracciones del aceite esencial, las cuales consisten principalmente en compuestos fenólicos (12). Los aceites esenciales de plantas y sus componentes que presentan actividad antimicrobiana (4), tienen gran aplicación para el control del crecimiento de patógenos de alimentos por lo que se utilizan como método de preservación (Hao et al, 1998). Se ha reportado que la actividad antimicrobiana se deriva de terpenoides y compuestos fenólicos en los aceites (59).

Las plantas producen una gran cantidad de compuestos secundarios como protección contra ataques microbianos e insectos. De hecho muchos de éstos compuestos han sido usados en forma pura o extractos vegetales como alimento o aplicaciones médicas en humanos (57).

4.8.1. Aceites Esenciales

Según la 8ª. Edición de la farmacopea francesa de 1965, los aceites esenciales son “productos de composición general muy complejas que contienen los principios volátiles que se encuentran en los vegetales más o menos modificados durante su preparación”. (48)

Los aceites esenciales no se encuentran prácticamente más que en vegetales superiores. Se calculan que existen aproximadamente unas 17.500 especies aromáticas, son productos químicos que forman las esencias odoríferas de un gran número de vegetales, se encuentran ampliamente distribuidos en unas 60 familias de plantas que incluyen las Compuestas, Labiadas, Lauráceas, Mirtáceas, Pináceas, Rosáceas, Rutáceas, Umbelíferas, etc. (46).

4.8.1.1. Localización

Generalmente, la síntesis y acumulación de los aceites esenciales se asocia a la presencia de estructuras histológicas especializadas, a menudo localizadas sobre o en la proximidad de la superficie de la planta: células con aceites esenciales de las Lauraceae o las Zingiberaceae, pelos secretores de las Lamiaceae, glándulas secretoras de las Myrtaceae o las Rutaceae, canales secretores de las Apiaceae o las Asteraceae. (48)

Los aceites esenciales se pueden aislar de diferentes partes de la planta:

- En las hojas (ajenjo, albahaca, buchú, cidrón, eucalipto, hierbabuena, limoncillo, mejorana, menta, pachulí, quenopodio, romero, salvia, toronjil, etc.)
- En las raíces (angélica, asaro, azafrán, cálamo, cúrcuma, galanga, jengibre, sándalo, sasafrás, valeriana, vetiver, etc.).
- En el pericarpio del fruto (limón, mandarina, naranja, etc.).
- En las semillas (anís, cardamomo, eneldo, hinojo, comino, etc.).
- En el tallo (canela, caparrapí, etc.).
- En las flores (árnica, lavanda, manzanilla, piretro, tomillo, clavo de olor, rosa, etc.).
- En los frutos (alcaravea, cilantro, laurel, nuez moscada, perejil, pimienta, etc.).

4.8.1.2. Función

En general, la función biológica de los terpenoides de los aceites esenciales sigue estando poco clara. Sin embargo, es probable que tengan un papel ecológico. Apoya esta hipótesis el haber establecido experimentalmente el papel de algunos de ellos, tanto

en el campo de las interacciones vegetales (agentes alelopáticos, especialmente inhibidores de la germinación) como en las interacciones vegetal-animal: protección contra los depredadores (insectos y hongos) y atracción de polinizadores. (48)

4.8.1.3. Extracción y aislamiento

Los diferentes procesos de extracción utilizados en la obtención de aceites esenciales y extractos aromáticos, se resumen en la Tabla N° 8 que se expone a continuación:

TABLA 8.- MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE MEZCLAS AROMÁTICAS.

MÉTODO	PROCEDIMIENTO		PRODUCTOS OBTENIDOS
Métodos directos	Expresión	Compresión de cáscaras	Aceites esenciales cítricos
		Raspado de cáscaras	
	Exudado	Lesiones mecánicas en cortezas	Aromas, resinas, bálsamos
Destilación	Directa		Aceites esenciales y aguas aromáticas
	Por arrastre con vapor (directo, indirecto, a presión, al vacío)		
	Destilación-Maceración (liberación enzimática de aglicomas en agua caliente)		Almendras, mostaza, ajo, hojas de abedul
Extracción con solventes	Solventes volátiles	En caliente	Infusiones y resinoides alcohólicos en caliente, oleorresinas
		En frío	Concretos y absolutos, resinoides en frío, oleorresinas
	Solventes fijos (grasas y aceites)	En caliente	Pomadas en caliente, lavados y absolutos de pomadas
		En frío	Pomadas en frío, lavados y absolutos de enflorados
Procesos de extracción con fluidos en condiciones subcríticas y supercríticas			

Fuente: Adaptado de San Martín, R. 1977

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante diferentes métodos como: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos. En la expresión, el material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el aceite y éste es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para el caso de las esencias de cítricos. (48)

4.8.1.4. Factores de variabilidad de los aceites esenciales.

Entre los principales factores susceptibles de influir sobre la composición de los aceites esenciales tenemos:

4.8.1.4.1. Quimiotipos

Los quimiotipos, llamados también razas químicas, son muy frecuentes en plantas productoras de aceites esenciales, citaremos como ejemplo el del Tomillo (*Thymus vulgaris*) del Mediterráneo occidental. Se cuentan para esta especie, morfológicamente homogénea y cariológicamente estable, siete quimiotipos diferentes, seis en los carrascales del sur de Francia (con timol, carvacrol, geraniol, linalol, alfa-terpinol, trans-4-tuanol y cis-8-mircenol) y uno en España, con cineol. El mismo fenómeno se observa en otras especies del género *Thymus* y también en otras *Lamiaceae*. (48)

4.8.1.4.2. Influencia del ciclo vegetativo

Para una especie determinada la proporción de los diferentes constituyentes de un aceite esencial puede variar a lo largo de su desarrollo. Habitualmente se observa en especies conocidas como *Menta piperita*, hinojo, zanahoria, cilantro (en esta última el contenido de linalol es un 50% más elevado en el fruto maduro que en el fruto verde) (48)

4.8.1.4.3. Influencia de los factores extrínsecos

Pueden influir los factores del entorno y prácticas de cultivo. La temperatura, la humedad relativa, la duración total de la insolación y el régimen de los vientos ejercen una influencia directa, sobre todo en especies que poseen estructuras histológicas de

almacenamiento superficiales (ej.: pelos secretores de las Lamiaceae). Cuando la localización es más profunda la calidad es mucho más constante. (48)

4.8.1.4.4. Influencia del proceso de obtención

En el caso de los aceites obtenidos por hidrodestilación, su composición suele ser diferente de la mezcla de constituyentes inicialmente presente en los órganos secretores del vegetal. La cinética de la hidrodestilación no es idéntica para todos los constituyentes de un aceite esencial (hidrocarburos, alcoholes, cetonas, etc.). (48)

4.8.2. Control de calidad de aceites esenciales

Es importante asegurar la calidad del producto estudiando, definiendo y controlando el conjunto de parámetros y del cultivo en la elaboración final. Las farmacopeas prevén diferentes ensayos para el control de calidad de los aceites esenciales: evaluación de la miscibilidad en etanol, medidas físicas (índice de refracción, poder rotatorio, densidad relativa, etc.), determinación de los índices de acidez, éster, carbonilo, determinación del residuo de evaporación, etc. Exigen también un análisis del aceite esencial, por una técnica cromatográfica.

El método más adecuado, habida cuenta de la volatilidad de los constituyentes y su rapidez es la cromatografía en fase gaseosa. El perfil cromatográfico es el listado de los constituyentes seleccionados entre los que son representativos y característicos de un aceite esencial, acompañado, en cada caso, de límites de concentración y, en algunos casos de las relaciones entre estas concentraciones. Un constituyente es representativo cuando se encuentra en todas las muestras cuya dispersión estadística sigue la curva de Gauss. Un constituyente característico, es un constituyente representativo cuya concentración- que puede ser nula- es fundamental e intrínseca (ej.: ausencia de 10-epi- γ -eudesmol en el geranio Bourbon, y su presencia en el geranio de África). (48)

4.8.3. Toxicidad de los aceites esenciales

Por regla general, los aceites esenciales por vía oral poseen una toxicidad débil o muy débil: la mayoría de los que se utilizan frecuentemente tienen una DL50 comprendida

entre 2 y 5 g/Kg (anís, eucalipto, clavo, canela etc.), o lo que es más frecuente, superior a 5 g/Kg (manzanilla, lavanda, etc.), similar caso se da con los componentes de los aceites esenciales. Son raros aquellos que tienen una DL50 inferior a 2 g/Kg. (48)

4.8.4. Métodos para evaluar la actividad antimicrobiana de aceites esenciales

Para la evaluación antimicrobiana de aceites esenciales, se aplican generalmente métodos convencionales probados con capacidades antibióticas. Hay dos técnicas básicas usadas para la valoración de ambas actividades, antibacteriales y antimicóticas de los aceites esenciales: 1. El método de difusión en agar (pozo o disco de papel) y 2. El método de dilución (agar o caldo líquido). Las pruebas y evaluación de la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales son difíciles debido a su volatilidad, insolubilidad en agua y complejidad (31).

Los aceites esenciales son de naturaleza hidrofóbica y de gran viscosidad. Estas características pueden reducir la capacidad de la dilución o pueden causar distribución desigual del aceite a través del medio, aún si se usa un agente correcto disgregante o solubilizante. Se tiene que comprobar si las concentraciones aplicadas del emulsor o del solvente no afectan el crecimiento y la diferenciación de los microorganismos de prueba (31).

Los cultivos de microorganismos se realizan en medios líquidos, bajo condiciones físicas óptimas para las especies individuales. Los microorganismos tienen que alcanzar una fase apropiada del crecimiento, y un número especificado de células tiene que ser utilizado para la prueba (31).

4.8.4.1. Método de difusión en Agar

El método permite estimar el grado de inhibición del crecimiento de los microorganismos y sus cambios morfológicos de una manera simple. En las cajas de Petri con agar se inocula el microorganismo de prueba; existen dos métodos posibles para la incorporación del aceite esencial que son: en un disco de papel (Omer et al, 1998.) o en un pozo hecho en medio del agar (Lis- Balchin et al, 1998).

El aceite esencial no se usa a menudo en forma pura, generalmente se utilizan sus soluciones. Se preparan en cajas de Petri, soluciones del aceite esencial en diferentes concentraciones y los discos de papel son sometidos a inmersión. Las placas se almacenan durante algún tiempo para permitir que todos los componentes del aceite esencial se difundan dentro del agar, después se incuban. La eficacia del aceite esencial es demostrada por tamaño de la zona de inhibición del crecimiento del microorganismo alrededor del disco y se expresa generalmente como el diámetro de esta zona (milímetros o centímetros) (31).

4.8.4.2. Método de dilución

El método de dilución en serie en agar se utiliza para bacterias y hongos y su modificación con caldo líquido se usa solo para hongos. Los cultivos de agar se realizan en cajas de Petri o en tubos, mientras que los cultivos líquidos se realizan en frascos cónicos con un volumen de 100 mL de medio. Para el caldo líquido en frascos cónicos, el índice de crecimiento inhibitorio se calcula (% de los cambios en la biomasa del hongo comparando con el cultivo control) (31).

Los resultados se pueden presentar en dos maneras:

- El índice de inhibición de crecimiento definido como la proporción porcentual para el cultivo de crecimiento de control sin aceite esencial.
- La concentración mínima inhibitoria (MIC) o la máxima dilución inhibitoria (MID). La restricción en el crecimiento de los microorganismos (análisis de la actividad bacteriostática y fungistática) o la concentración mínima letal (MLC) (análisis de la actividad bactericida y fungicida) (31).

La actividad de aceites esenciales contra hongos puede ser también investigada comprobando la inhibición de la esporulación (4) y productividad de la toxina. La concentración mínima inhibitoria se define como la concentración más baja del aceite esencial en el caldo, dando por resultado la carencia de los cambios visibles del crecimiento del microorganismo (31).

Para estimar la actividad letal del aceite esencial, los microorganismos se transfieren del caldo líquido o al agar donde no se observa crecimiento en un nuevo medio. La concentración más baja del aceite esencial que da por resultado la inhibición total del crecimiento, se reconoce como la concentración mortal mínima, MCB para las bacterias (concentración mínima bactericida) y MCF para los hongos (mínima concentración fungicida). A veces MCL (concentración mínima letal) se define como la concentración resultante dando por resultado una reducción del >99.9% del número de microorganismos en el inóculo (31).

4.9. CANELA.

La canela es de la familia *Lauraceae*, del género *Cinnamomum* que comprende aproximadamente 250 especies, el árbol es nativo de la India e Indochina, las tres especies importantes de donde se obtienen AE de interés son *C. zeylanicum*, *C. cassia* Blume y *C. camphora* L. La canela tiene efectos biológicos como la analgesia, es antiséptico, antiespasmódico, afrodisiaco, astringente, carminativo, hemostático, insecticida y parasiticida (30) (49).

4.9.1. Clasificación científica de la Canela

Nombre científico: (*Cinnamomum verum* = *Cinnamomum zeylanicum*) . El nombre *Cinnamomum* procede del griego "Kinnamomon"

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Laurales

Familia: *Lauraceae*

Género: *Cinnamomum*

Especie: *C. verum*

Nombre binomial: *Cinnamomum verum* (17)

4.9.2. Hábitat y características botánicas de la Canela

El canelo es un árbol perenne de la familia de las lauráceas de hasta 15 m. de altura, aunque las formas cultivadas no suelen superar los 10 m. Ramas muy aromáticas con doble corteza. Hojas ovadas de hasta 18 cm de longitud, con tres nervios bien marcados, coriáceas, acuminadas con el borde liso y muy fragante.

Haz rojizo cuando son jóvenes, pasando a verde brillante y con envés verde pálido en la madurez. Flores de olor desagradable en panículas, de color blanco o rojo. Frutos negros o pardo azulados, en baya, de 1 cm de diámetro, muy picante. Árbol procedente del sur de la India y de Sri Lanca, aparece cultivado en muchos lugares cálidos del mundo. (82)

4.9.3. Composición química de la Canela

- Ácidos : ascórbico, palmítico p-cumérico (corteza)
- Terpenos: alfa-pineno, alfa-terpineno, alfa-ylangeno, beta-pineno camfeno, cariofileno, limoneno, linalol(corteza)
- Cumarinas (Corteza)
- Aceite esencial, rico en benzalhehido (Planta) eugenol, farnesol, gamma-terpineol, geraniol, isoeugeneol, cariofileno, 3 – fenilpropenal (aldehído cinámico) (corteza)
- Furfural (corteza)
- Alcanfor (corteza)
- Fibra (corteza)
- Taninos (planta)
- Mucílagos (corteza)
- Sacarosa
- Vainilla
- Minerales: boro, calcio, cinc , cloro, cobre, cobalto, cromo, estroncio, fósforo, hierro, manganeso, níquel, plomo, potasio, sodio, yodo (corteza)
- Vitaminas: Vitamina C, niacina, tiamina. (82)

4.9.4. Usos de la Canela

Además de sus usos medicinales, se destacan otros usos muy importantes:

- Como especia se utiliza abundantemente en la cocina para pastas, pasteles, compotas, arroz, carne, ensaladas de frutas y verduras, frutas cocidas y asadas.
- La industria utiliza la canela por sus propiedades antifúngicas y antibacterianas. Entra a formar parte en la composición de numerosos productos relacionados con la higiene de la boca. (dentífricos, enjuagues bucales, etc) En farmacia el aceite esencial se emplea en la composición de jarabes para el resfriado y catarro y para vaporizadores nasales.
- La industria de la alimentación utiliza el aceite esencial para la conservación de alimentos y su riqueza en aromas y para dar sabor y olor a numerosos preparados, entre ellos refrescos como las colas, los chicles o numerosas bebidas alcohólicas.
- Su riqueza en fragancias la hace muy adecuada en la industria de la perfumería, siendo utilizada en la elaboración de perfumes, jabones, champús, etc. (82)

4.10. ACEITE ESENCIAL DE CANELA

La canela es de la familia *Lauraceae*, del género *Cinnamomum* que comprende aproximadamente 250 especies, él árbol es nativo de la India e Indochina, las tres especies importantes de donde se obtienen AE de interés son *C. zeylanicum*, *C. cassia* Blume y *C.camphora* L. La canela tiene efectos biológicos como la analgesia, es antiséptico, antiespasmódico, afrodisíaco, astringente, carminativo, hemostático, insecticida y parasiticida (29) (49).

El aceite de esta especie se puede extraer de la hoja, del tallo o de la raíz, lo que da lugar a diferencias en sus características de aroma, sabor y composición química principalmente (30). El uso más común es la perfumería, así como saborizantes en la industria de los alimentos, en farmacéuticos, preparaciones dentales y bebidas, entre otros productos, además, se caracteriza por que tiene un aroma dulce, picante y de gran alcance (32); (49).

4.10.1. Descripción:

Es un líquido amarillento o parduzco que se oscurece y espesa con el tiempo o por exposición prolongada al aire. Su olor y sabor son característicos. Es poco soluble con el agua y muy soluble en alcohol y en ácido acético glacial. (68)

4.10.2. Conservación:

Se guarda en recipientes bien llenos y herméticamente cerrados, evitando el calor excesivo. (68)

4.10.3. Principios Activos:

Según la FAO (2006), el aceite de hoja de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) contiene como componente principal 75-85% de eugenol, con una alta actividad antibacterial, y contiene 5% de cinamaldehído, el cual contribuye con su carácter aromático y características antimicrobianas. (68)

4.10.4. Uso terapéutico:

Como carminativo. El aceite esencial diluido es aplicado en la piel en forma de masajes, para mejorar la circulación capilar. Ha sido reportado como bactericida, antimicótico, antiviral, ascaricida, nematocida, antiplaca bacteriana dental e insecticida.

El aceite esencial de canela ha demostrado inhibir la listeriolisina – O, una proteína citolítica facilitadora de la infección por *Listeria monocytogenes*. Otros estudios determinaron que el aldehído cinámico sería el principal componente inhibitorio del aceite esencial de canela, el cual actúa por vía inhibitoria sobre hongos que afectan el tracto respiratorio tales como *Aspergillus niger*, *A.fumigatus*, *A.nidulans*, *A.flavus*, *Candida albicans*, *C.tropicalis*, *C.pseudotropicalis* e *Histoplasma capsulatum*.(68)

4.10.5. Toxicidad del aceite esencial de Canela

La DL₅₀ para el aceite esencial de canela en aplicación dérmica fue estimada en 690mg/Kg y la dosis diaria aceptada para el aldehído cinámico fue estimada en 700ug/Kg (68)

4.10.6. Efecto antifúngico del aceite esencial de Canela

A continuación se describen algunas investigaciones realizadas con los productos de interés para este trabajo, con la finalidad de conocer cómo se comporta el aceite esencial de canela (AE). De todos los AE que se han estudiado, destacan los aceites de clavo (*Syzygium aromaticum*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y tomillo (*Thymus vulgaris*); entre otros como los de menta, ajo, lima y eucalipto, observándose que los últimos tres aceites mencionados inhibieron el crecimiento micelial y la esporulación de los conidios de *C. gloeosporioides*, a concentraciones de 200, 250 y 300 µg mL⁻¹. (48)

De la misma manera, se observó un efecto inhibitorio sobre el desarrollo de *Fusarium oxisporum f. sp. Gladioli* (Massey, Snyder and Hansen), con los mismo AE a las mismas concentraciones (6) (7). García-Camarillo et al. (2006), evaluaron el efecto del AE de canela sobre *A. flavus* utilizando una dosis mínima de 100 ppm y una máxima de 500 ppm. Plotto et al. (2003), determinaron el efecto de varios AE, incluyendo tomillo y canela para el control de enfermedades en tomate y observaron que el AE de canela fue uno de los mejores para el control de *B. cinerea*.

Diversos autores han reportado la actividad antifúngica de los aceites esenciales y sus compuestos: Muller-Riebau et al. (1995) evaluaron nueve aceites esenciales contra cuatro especies de hongos fitopatógenos, mientras que Wilson et al. (1997) evaluaron 49 aceites esenciales contra *Botrytis cinerea*. Daferera et al. (2003) probaron ocho aceites esenciales contra dos especies de hongos. La actividad antifúngica en estos trabajos estuvo fuertemente asociada con fenoles monoterpénicos, especialmente el timol, carvacrol y eugenol.

Se ha encontrado que otros componentes de los aceites esenciales como el aldehído cinámico de la canela, el mentol de la hierbabuena y el eugenol del clavo presentan

actividad antifúngica (Bullerman et al., 1977; Hitoko et al., 1980; Karapinar, 1990). Soliman y Badeaa (2002) reportan que los aceites de tomillo y canela a 500 ppm inhibieron totalmente el desarrollo micelial de cuatro hongos fitopatógenos. En otro estudio Velluti et al., (2003) probaron los aceites esenciales de clavo, canela y orégano sobre *Fusarium proliferatum*, los cuales inhibieron el crecimiento de este hongo. Se ha reportado que la mayoría de los aceites esenciales inhiben el desarrollo de los hongos de poscosecha en condiciones in vitro (Bishop y Reagan, 1998; Singh y Tripathi, 1999; Bellerbeck et al., 2001; Hidalgo et al., 2002).

CAPITULO II

5. PARTE EXPERIMENTAL

5.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en:

1. Empresa ISABRUBOTANIK S.A. ciudad de Ambato provincia del Tungurahua
2. Laboratorio de Bioquímica y Alimentos de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
3. Laboratorio LIVEXLAB - División de Aguas y Alimentos - Quito

5.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

5.2.1. MATERIAL VEGETAL

El muestreo de las frutas para la investigación fue realizado en una forma no probabilística, fueron seleccionadas de acuerdo a su grado de madurez, ausencia de enfermedades criptogámicas, si lesiones físicas ni mecánicas, sanas y limpias, basado en la aplicación de las normas técnicas colombianas del INCOTEC (Ver Anexos 3,4,5), para la uvilla se siguió la norma NTC4580, en el caso de la mora se siguió la norma NTC 4106 y para el caso de la frutilla la norma NTC 4103

- Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) proveniente de un cultivo comercial ubicado en el sector de Huachi Grande, cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.
- Frutilla (*fragaria sp*) de variedad camarrosa proveniente de un cultivo comercial de la Parroquia Quimiag, Provincia de Chimborazo.
- Uvilla (*Physalis peruviana*) ecotipo “Ecuatoriana”, proveniente de un cultivo comercial del Cantón Chambo, Provincia de Chimborazo.

5.2.2. EQUIPOS

- Cámara de flujo laminar
- Estufa
- Autoclave
- Incubadora
- Potenciómetro
- Medidor de pH con electrodo de vidrio combinado
- Microscopio
- Balanza analítica
- Refrigeradora con temperatura calibrada a 5°C
- Reverbero
- Termómetro
- Pipetas de boca
- Cámara fotográfica
- Vasos de precipitación
- Erlenmeyer
- Material de vidrio
- Probetas
- Pipetas
- Píseta
- Bureta
- Sacabocados de 4mm de diámetro
- Mortero
- Cubre – objetos
- Bisturí esterilizado
- Cajas Petri de plástico
- Recipientes de plástico
- Gasa
- Papel
- Cinta
- Mascarilla
- Algodón

5.2.3. REACTIVOS

- Aceite esencial de canela (*Cinamomun zeynalicum*) en concentraciones de 1000, 500, 250 y 125ppm
- Agua destilada
- Tween 20
- Solución valorada de NaOH 0,1N
- Solución buffer pH = 4 y 7
- Lacto fenol (azul – algodón)
- Dicloran
- Alcohol potable

5.2.4. MEDIOS DE CULTIVO

- Agar Glucosa 4% Sabouraud
- Agar PDA (Potato Dextrose Agar)

5.3. MÉTODOS

5.3.1. FASE EXPERIMENTAL

5.3.1.1. Caracterización físico - químico de las frutas:

- Evaluación sensorial (Color, Olor, Sabor, Textura)
- Determinación de pH NTE INEN 389
- Determinación de la Acidez Titulable A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 2007 (1).

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

El análisis sensorial de las frutas investigadas se realizó a través de los sentidos de la vista, olfato, tacto y gusto. (Stone y Sidel, 1993).

DETERMINACIÓN DE pH

La medición del pH se basa en la comparación del potencial de la solución problema con el de un electrodo de referencia, cuyo potencial depende en cada caso de la concentración de hidrogeniones que posee la solución en la que se sumerge. Para este ensayo se utilizó la NTE INEN 389:

- Si la muestra corresponde a productos densos o heterogéneos, homogeneizarla con ayuda de una pequeña cantidad de agua (recientemente hervida y enfriada) con agitación.
- Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 10g la muestra preparada, añadir 100mL de agua destilada (recientemente hervida y enfriada) y agitarla suavemente.
- Si existen partículas en suspensión, dejar en reposos el recipiente para que el líquido se decante.
- Determinar el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro, en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que estos no toquen las paredes del recipiente, ni las partículas sólidas.

DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

La determinación se basa en una reacción de neutralización ácido – base, para lo cual la muestra se coloca en solución y se titula potenciométricamente con Hidróxido de Sodio 0.1 N.

Se tomó una muestra de 1 mL de jugo preparado, y se diluyó con 10 mL de agua destilada. Esta solución se tituló con una solución de NaOH 0,1 N, hasta que alcanzara un valor de pH de $8,1 \pm 0,2$, según el A.O.A.C. Official Methods of Analysis (2007), 942.15 (B) (37.1.37).

5.3.1.2. Análisis Microbiológico de la fruta fresca y tratada con aceite esencial de canela:

RECuento DE HONGOS (Mohos y Levaduras)

Es la determinación del número de colonias típicas de levaduras y mohos que se desarrollan a partir de un gramo o centímetro cúbico de muestra, en un medio adecuado e incubado entre 22°C y 25°C.

Para este ensayo se utilizó la NTE INEN 1529-10. Determinación de la cantidad de microorganismos mohos y levaduras. Recuento en placa por siembra en profundidad:

- Utilizando una sola pipeta estéril, pipetear por duplicado alícuotas de 1mL de cada una de las disoluciones decimales en la placa petri adecuadamente identificadas.
- Iniciar por la disolución menos concentrada. Inmediatamente verter en cada una de las placas inoculadas aproximadamente 20 mL de Saboraud dextrosa fundido y templado a $45 \pm 2^\circ\text{C}$. La adición del cultivo no debe pasar más de 15 minutos, a partir de la preparación de la primera dilución.
- Delicadamente mezclar el inóculo de siembra en el medio de cultivo, imprimiendo a la placa movimientos de vaivén 5 veces en una dirección, hacer girar 5 veces en sentido de las agujas del reloj, volver a imprimir movimientos de vaivén en una dirección que forme ángulo recto con la primera y hacerla girar 5 veces en sentido contrario de las agujas del reloj.
- Dejar las placas en reposo hasta que solidifique el Agar.
- Invertir las placas e incubarlas entre 22 y 25°C por 5 días.
- Examinar a los 2 días y comprobar si se ha formado o no micelio aéreo.

5.3.1.3. Determinación de los Hongos causantes de la pudrición

La determinación de los hongos causantes de la pudrición en la uvilla, mora y frutilla se realizó por el método de observación directa al microscopio de una pequeña muestra de las frutas infestadas con hongos, comparando posteriormente con las características morfológicas señaladas en bibliografía.

- Se dejó a temperatura ambiente las frutas por cinco días hasta cuando empieza la pudrición causadas por diversos hongos.
- Se tomó una muestra pequeña de hongos cultivados y se colocaron en el cubre objetos.
- Se adicionó al cubre objetos una pequeña cantidad de lacto fenol hasta cubrir completamente la muestra de hongos cultivados.
- Se observó al microscopio y se dibujó las estructuras de los hongos encontrados para luego comparar con la bibliografía consultada. (Ellis, 1971)

5.3.1.4. Determinación *in vitro* de las propiedades antifúngicas del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre *Botrytis sp*

AISLAMIENTO DEL *Botrytis sp*.

El aislamiento de *Botrytis sp* consistió en la obtención de un cepa pura del hongo, la cual se aisló de los otros hongos implicados en la pudrición de las frutas: *Verticillium sp*. Con el sacabocados de 4mm de diámetro se tomó la muestra y se colocó en el centro de las cajas Petri con Potato Dextrose Agar (PDA). Se repitió el procedimiento hasta obtener cepas de *Botrytis sp* puras. Se selló las cajas Petri con cinta, se etiquetó y se guardó en fundas plásticas para evitar cualquier contaminación con otros hongos. Se guardó en un lugar oscuro.

ELABORACIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO.

El medio de cultivo, Papa Dextrosa Agar (PDA) se reconstituyó con agua de acuerdo a las condiciones indicadas por el fabricante (Bioxon). Se pesó el aceite esencial de canela para obtener las concentraciones de 125, 250, 500 y 1000 ppm a evaluar. Con precisión se pesó 50 mg del Aceite esencial de Canela y se disolvió en 500 μ L de Tween 20. La concentración final de esta disolución fue 100000 ppm. Se realizó diluciones al décimo, utilizando tubos de ensayo, secos, limpios y estériles a los que se añadió 900 μ L de Tween 20 y 100 μ L del extracto de la concentración anterior, las concentraciones finales fueron de 10000ppm y 1000ppm.

Se prepararon varias diluciones sucesivas (Ejm: 500 µL de Tween 20 + 500 µL de la solución de 1000 ppm), concentraciones finales: 500, 250 y 125 ppm. Se codificaron cajas Petri estériles, con la concentración final, se pipeteó separadamente 100 µL de las disoluciones con el aceite esencial de canela a los tubos de ensayo que contenían 10 mL de PDA a 45°C. Se mezcló con la ayuda de un vórtex e inmediatamente se pasó a las cajas Petri previamente codificadas con cada una de las concentraciones preparadas. Una vez que se solidificó el medio de cultivo, se sometieron a prueba de esterilidad, la cual consiste en dejarlos en incubación a 25° C durante 24 horas. (García – Carrilo, 2006)

EVALUACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Las concentraciones de AE de canela utilizadas en los ensayos, se determinan a partir de cuatro diferentes concentraciones evaluadas, que fueron 125 ppm, 250 ppm, 500ppm y 1000 ppm, las cuales presentan antecedentes de efecto antifúngico (García – Carrillo et al, 2006) (Ver tabla 9).

Los AE se incorporaron al medio de cultivo PDA como se describió anteriormente, después de la prueba de esterilidad se sembró un inóculo de *Botrytis* a manera de explantes discoidales de 4 mm de diámetro tomados con un sacabocado de una colonia de siete días de desarrollo, incubada a 25°C y se colocaron en el centro de las cajas de Petri con los tratamientos. El experimento se incubó a 25°C durante once días. Se realizaron tres repeticiones por cada tratamiento. Las cajas Petri con PDA fueron utilizadas como control positivo y las cajas con PDA más dicloran a 1 ppm representaron al control negativo un testigo.

Posteriormente se evaluó el desarrollo de las colonias, considerando un efecto fungicida en aquéllos que no presentaron crecimiento del hongo y fungistático para los que sí lo presentaron. Finalmente se eligieron solo dos concentraciones; 250ppm y 500 ppm, que se utilizaron en los ensayos posteriores. Las cajas con PDA más Tween 20, se utilizaron como control para descartar que el Tween 20 tenga efecto sobre el hongo. Se hicieron 3 repeticiones por experimento. Los medios inoculados se incubaron a temperatura

ambiente (25-28° C), registrando cada 24h la lectura del diámetro de la colonia, hasta que el control positivo cubrió por completo la superficie de la caja.

TABLA 9. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ANTIFÚNGICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis sp*

MUESTRAS	CONCENTRACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL (ppm)	CÓDIGO	TIEMPO DE OBSERVACIÓN EN DÍAS
M1	PDA	control	3 – 5 – 7 – 9 – 11
M2	PDA - Tween 20 1ppm	PDT	3 – 5 – 7 – 9 – 11
M3	125	CA ₁	3 – 5 – 7 – 9 – 11
M4	250	CA ₂	3 – 5 – 7 – 9 – 11
M5	500	CA ₃	3 – 5 – 7 – 9 – 11
M6	1000	CA ₄	3 – 5 – 7 – 9 – 11
M7	2000	CA ₅	3 – 5 – 7 – 9 – 11
M8	Dicloran 1 ppm	D1	3 – 5 – 7 – 9 – 11

5.3.1.5. Determinación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) *in vivo*, por el método de inmersión.

Se realizó la determinación de las características organolépticas de las frutas: Moras, uvillas y frutillas; en base a nuestros sentidos pudiendo determinar color, textura, sabor y olor; después de cada uno de los tratamientos a dos diferentes concentraciones de aceite esencial de canela, como si indica en la tablas (III, IV, V). El objetivo principal del aceite esencial con su actividad microbiana es impedir el crecimiento y la proliferación de los hongos causantes de la pudrición de las frutas en estudio: moras, uvillas y frutillas. El método de inmersión se estableció como el método para conservar a las moras, uvillas y frutillas en buen estado ya que con este método existe un recubrimiento total de la fruta y no existe pérdida de la solución.

Se consideraron tres variables: temperatura, concentración y tiempo, las dos primeras con dos niveles cada una. Se trabajó por duplicado y con dos testigos. Después de cada uno de los tratamientos se procedió a medir la variable dependiente en este caso la actividad antimicrobiana a través del análisis sensorial con cuatro indicadores (color, textura, sabor y olor), además de características físico químicas: pH y % de Acidez titulable y análisis Microbiológico mediante el recuento de Mohos y levaduras.

Se utilizaron frutas maduras que se lavaron con agua corriente y se enjuagaron con agua destilada tres veces y se dejaron secar a temperatura ambiente ($25 \pm 3^\circ \text{C}$). En cada tratamiento se emplearon 10 frutos como unidad experimental y tres repeticiones de cada una. Los tratamientos aplicados se observan en la Tabla 10,11 y 12.

TABLA 10. TRATAMIENTOS UTILIZADOS “IN VIVO” PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EN LA MORA (*Rubus glaucus*)

Tratamiento	Concentración aceite esencial de canela (ppm)	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Actividad Antimicrobiana
Testigo		1	21	Textura Color Olor Sabor pH Acidez Hongos
T1	250	3	21	
T2	250	3	5	
T3	500	3	21	
T4	500	3	5	
T5	250	7	21	
T6	250	7	5	
T7	500	7	21	
T8	500	7	5	
T9	250	15	21	
T10	250	15	5	
T11	500	15	21	
T12	500	15	5	

TABLA 11. TRATAMIENTOS UTILIZADOS “IN VIVO” PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EN LA FRUTILLA (*Fragaria sp*)

Tratamiento	Concentración aceite esencial de canela (ppm)	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Actividad Antimicrobiana
Testigo		1	21	Textura Color Olor Sabor pH Acidez Hongos
T1	250	5	21	
T2	250	5	5	
T3	500	5	21	
T4	500	5	5	
T5	250	7	21	
T6	250	7	5	
T7	500	7	21	
T8	500	7	5	
T9	250	15	21	
T10	250	15	5	
T11	500	15	21	
T12	500	15	5	

TABLA 12. TRATAMIENTOS UTILIZADOS “IN VIVO” PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) EN LA UVILLA (*Physalis peruviana* L.)

Tratamiento	Concentración aceite esencial de canela (ppm)	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Actividad Antimicrobiana
Testigo		1	21	Textura Color Olor Sabor pH Acidez Hongos
T1	250	7	21	
T2	250	7	5	
T3	500	7	21	
T4	500	7	5	
T5	250	15	21	
T6	250	15	5	
T7	500	15	21	
T8	500	15	5	
T9	250	21	21	
T10	250	21	5	
T11	500	21	21	
T12	500	21	5	
T13	250	30	21	
T14	250	30	5	
T15	500	30	21	
T16	500	30	5	

Para los tratamientos se procedió de la siguiente manera: se pesó el aceite esencial de canela para obtener las concentraciones de 125, 250, 500 y 1000 ppm a evaluar. Con precisión se pesó 50 mg del Aceite esencial de Canela y se disolvió en 500 µL de Tween 20. La concentración final de esta disolución fue 100000 ppm. Se realizó diluciones al décimo, utilizando tubos de ensayo, secos, limpios y estériles a los que se añadió 900µL de Tween 20 y 100 µL del extracto de la concentración anterior, las concentraciones finales fueron de de 10000ppm y 1000ppm. Se prepararon varias diluciones sucesivas (Ejm: 500 µL de Tween 20 + 500 µL de la solución de 1000 ppm), concentraciones finales: 500, 250 y 125 ppm y se llevaron a un volumen final de 500mL.

ACONDICIONAMIENTO DE LOS FRUTOS PARA EL BIOENSAYO.

Las soluciones preparadas se colocaron en vasos de precipitado y finalmente se procedió a tratar los frutos. Los frutos se sumergieron en número de diez frutos de cada tratamiento, uno por uno en el vaso de precipitado que contenía el tratamiento a evaluar, de manera que quedarán totalmente cubiertos con la solución durante 5 segundos e

inmediatamente se retiraron. Posteriormente se colocaron en una superficie lisa dentro de la campana de flujo laminar y se dejaron secar durante 5 minutos. Lo mismo se hizo con el control en donde los frutos fueron sumergidos en agua destilada estéril. Una vez tratados los frutos se incubaron.

ALMACENAMIENTO.

El bioensayo *in situ* se realizó en un sistema de almacenamiento que permitió de manera práctica el desarrollo del experimento, el cual se llevó completamente al azar, además facilitó que todos los tratamientos tuvieran las mismas condiciones de temperatura y humedad favoreciendo de la mejor manera las condiciones del bioensayo.

Los frutos tratados se colocaron dentro de los contenedores de plástico previamente dispuestos para cada tratamiento. En cada contenedor se colocaron diez frutos del mismo tratamiento a una distancia de 2 a 3 cm. Cada tratamiento se hizo por triplicado. Todos estos se colocaron con las mismas condiciones de temperatura y humedad y se dispusieron al azar. Se hicieron las observaciones cada 24h a temperatura ambiente (21°C) y temperatura de refrigeración (5°C), monitoreando la fluctuación de la temperatura mediante mediciones continuas con un termómetro de mercurio, además las unidades se cambiaron de posición durante el experimento para igualar las condiciones en todos los tratamientos.

5.3.2. Análisis estadístico

En todos los experimentos se utilizó un diseño experimental completamente al azar en arreglo simple. En los ensayos *in vitro* los datos obtenidos de crecimiento, micelial y esporulación se analizaron de acuerdo a un ANOVA de una vía y la comparación de medias se hizo con la prueba de Tuckey, cabe destacar que se analizaron todos los datos diferentes de cero.

En los ensayos *in vivo* se aplicó el Test ANOVA para muestras independientes (Prueba T) y la Prueba de Chi cuadrado utilizando el programa SPSS STATISTICS versión 19.0.

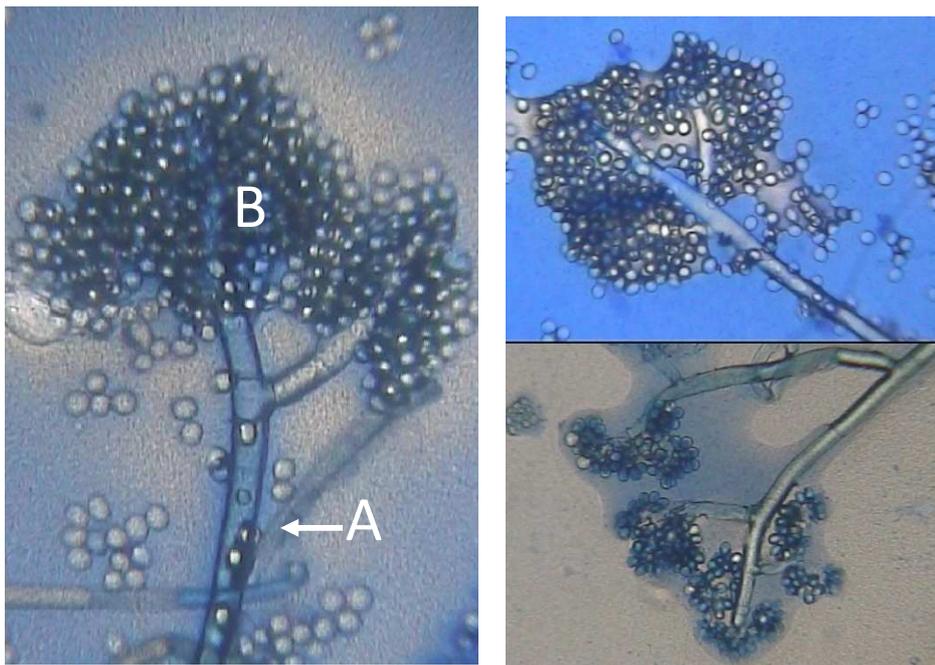
CAPITULO III

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que se reportan fueron obtenidos sobre la base de la metodología indicada

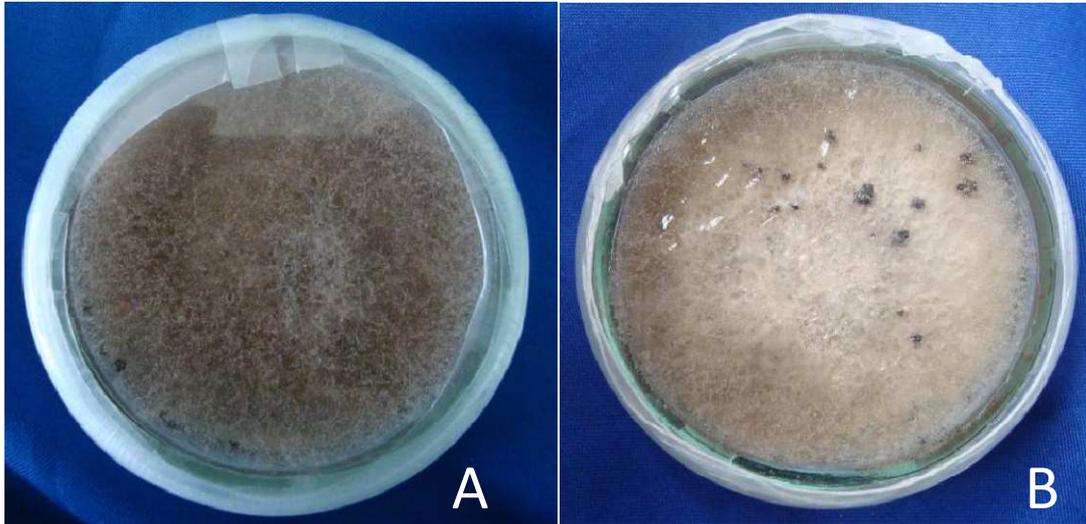
6.1. DETERMINACIÓN DE LOS HONGOS CAUSANTES DE LA PUDRICIÓN DE LAS MORAS, FRUTILLAS Y UVILLAS.

De los análisis de material vegetal con síntomas de pudrición realizados, se obtuvieron aislamientos de *Botrytis sp* para el caso de la mora, frutillas y uvillas, además de encontrarse la presencia de *Verticillium sp* en las muestras de mora y frutilla. Los aislamientos de las colectas se seleccionaron ya que en medio de cultivo PDA y mediante las claves taxonómicas utilizadas, presentaron las características morfológicas y de crecimiento de *Botrytis sp*. Las características del micelio observadas fueron: hifas y conidios translucidos de color claro, redondeados de micelio hialino septado se diferencian conidióforos hialinos, delgados, lisos y ramificados irregularmente en la parte superior. Se observaron conidias hialinas, unicelulares, lisas, de formas ovoides, subesféricas a esféricas (Fotografía 11). Este género incluye muchas especies patógenas de plantas (Ellis, 1971). Sería conveniente la aplicación de técnicas moleculares para facilitar la identificación a nivel de especie.



FOTOGRAFÍA N°11: MORFOLOGÍA DE MICELIO Y CONIDIOS DE *Botrytis sp.* (A) HIFA, (B) CONIDIOS (1000x)

En los cultivos de *Botrytis sp* en su fase inicial se presentaron características macroscópicas claras como colonias algodonosas de color blanco que al transcurrir del tiempo cambiaron a una coloración café oscuro, en esta etapa de desarrollo se observaron la presencia de esporas (conidios), y posteriormente esclerocios. (Fotografía11).



FOTOGRAFÍA Nº12. MORFOLOGÍA DE LA COLONIA DE BOTRYTIS SP. EN (A) MICELIO; (B) MICELIO CON ESCLEROCIOS

La identificación de los hongos aislados se llevó a cabo utilizando las claves taxonómicas. En el caso de *Botrytis sp.* en agar de esporulación, presenta como una colonia amarillo pálido en el anverso y el reverso de color amarillo al centro con un borde amarillo rojizo y con textura granulosa. (Ellis, 1971)

6.2. ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinamomun zeynalicum*) IN VITRO.

En este estudio los tratamientos fueron:

- Controles (hongos sin aplicación)
- *Botrytis sp* con aceite puro.

La prueba *in vitro* se realizó en placas de PDA con cuatro concentraciones diferentes de cada aceite esencial: 125, 250,500 y 1000 ppm, los cuales se mezclaron en la concentración deseada con los medios de cultivo semisólidos previamente esterilizados. Los medios con los tratamientos se vertieron en cajas de Petri esterilizadas. (Ver Anexo1)

El aceite esencial de canela presentó un efecto antifúngico sobre *Botrytis sp.* (Tabla 13). A partir de la dosis mínima probada, 125 ppm, se presentó una inhibición del desarrollo del hongo. A partir de una concentración de 250 ppm del aceite esencial, se inhibió completamente el crecimiento de la colonia de *Botrytis sp.*

Estos resultados coinciden con lo reportado por Soliman y Badeaa (2002) quienes encontraron que la canela inhibió completamente el desarrollo de *Botrytis sp.* en una dosis de 500 ppm. Los tres componentes del aceite de canela que han sido identificados como los agentes activos contra hongos son: aldehído cinámico (Bullerman, 1974), Ometoxicinamaldehído (Morozumi, 1978) y eugenol (Velluti et al., 2003). La dosis mínima fungicida para el aceite esencial de canela fue de 1000 ppm para el aceite esencial de canela.

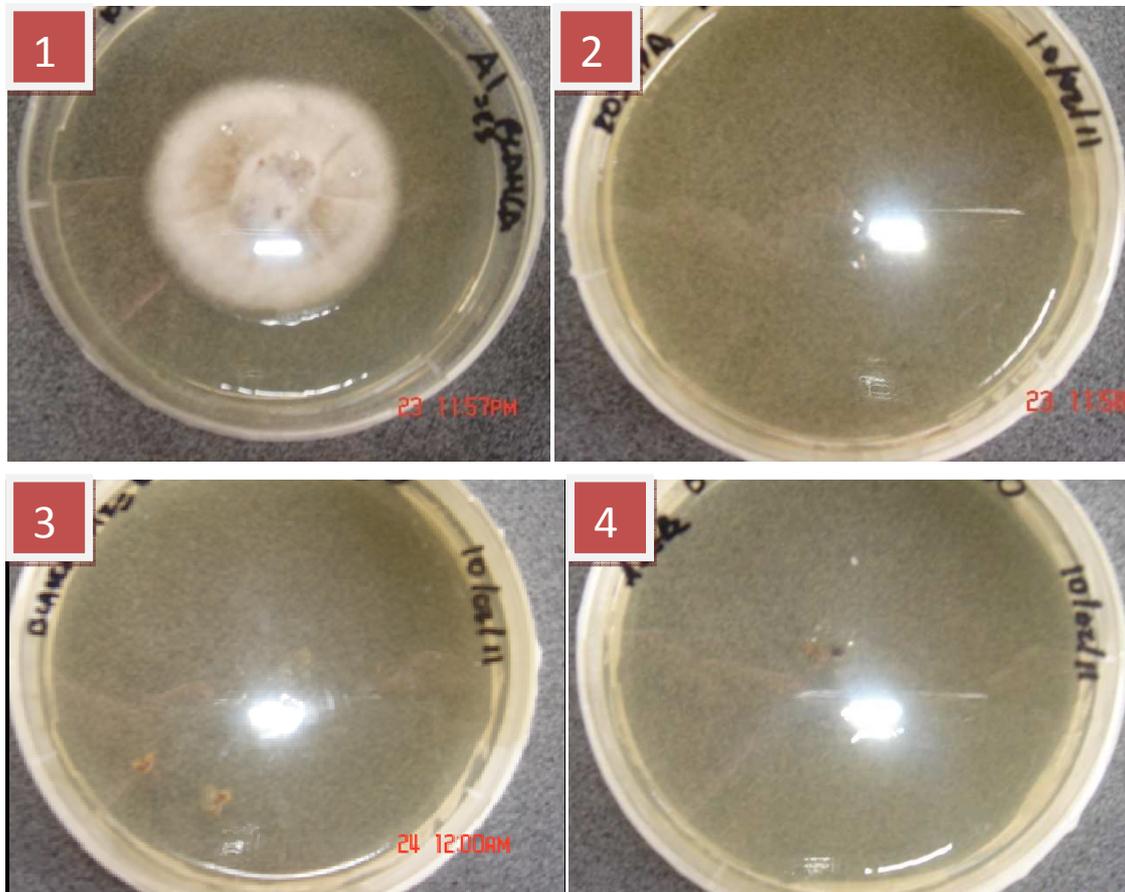
TABLA 13. EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL (MM) IN VITRO DE *Botrytis sp.*

Aceite esencial (ppm)	Crecimiento de la colonia (cm)	Grado de inhibición (%)
Canela		
0	8.1a*	83
125	1.4b	100
250	0c	100
500	0c	100
1000	0c	100

*Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

El crecimiento micelial en el aceite de canela puro fue nulo, debido a una mayor cantidad e interacción de los compuestos volátiles. Según reportó Goubran y otros (1993), el cinamaldehído, linalol, eugenol y 1,8 cineol son componentes activos que ayudan a inhibir el crecimiento de *Monilia*, *Botrytis* y *Mucor*. Esto se debe según Dormann y otros (2000), a que los aldehídos poseen actividad antimicrobial a través del grupo aldehído conjugado, por su doble unión C=C es altamente electronegativo y pueden interferir en el proceso biológico que involucra la transferencia de electrones, que reaccionan con el nitrógeno en las proteínas y ácidos nucleicos, por lo tanto inhiben el crecimiento del hongo.

La alta capacidad antifúngica encontrada en el aceite esencial de *C. zeylanicum* coincide con los resultados reportados por Montes y Carvajal (1998) quienes observaron que *Aspergillus flavus* fue totalmente inhibido por el aceite esencial de esta planta. Wilson et al. (1997) evaluaron 49 aceites esenciales y encontraron que *C. zeylanicum* mostró la mayor actividad antifúngica contra *Botrytis cinerea*. Estos autores también publican la composición química de los aceites esenciales y la correlación entre la concentración de los compuestos y la actividad antifúngica. De acuerdo con los resultados, se observó que a 125 ppm se presentó el mayor crecimiento micelial del hongo con respecto a las otras concentraciones. Mientras que a partir 250 ppm no hubo crecimiento micelial (Fotografía 12).



FOTOGRAFÍA Nº13. CRECIMIENTO MICELIAL DE *Botrytis sp* DESPUÉS DE 7 DÍAS DE LA APLICACIÓN DEL ACEITE ESENCIALES A CUATRO CONCENTRACIONES 125ppm (1), 250 ppm (2), 500ppm (3) Y 1000ppm (4)

También se observó que conforme aumentó la concentración del AE, el efecto de inhibición sobre el crecimiento micelial es mayor, esto significa que se presentó un efecto dependiente de la concentración. Esto coincide con los resultados obtenidos por

Barrera- Necha et al., (2008) que utilizaron los AE de clavo, canela y tomillo a concentraciones de 100, 150, 200, 250 y 300 $\mu\text{g mL}^{-1}$ sobre *C. gloeosporioides*, observando que conforme aumentó la concentración de los AE la inhibición del crecimiento micelial fue mayor. García-Camarillo et al. (2006), observaron que existe una relación entre el incremento de la concentración del AE y la inhibición en la producción de aflatoxinas por *A. flavus*, en nuez pecanera.

Con los resultados de este ensayo se decidió utilizar solo las concentraciones de 250 y 500 ppm.

6.3. VARIABLES MEDIDAS EN EL ALMACENAMIENTO DE LA MORA DE CASTILLA (*RUBUS GLAUCUS*) BAJO DOS CONDICIONES.

La Mora de Castilla se obtuvo de un cultivo comercial ubicado en el sector de Huachi Grande, cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, Ecuador. La fruta fue cosechada en gavetas plásticas de 60 x 40 x 18 cm y en envases de 250g. Al momento de la cosecha se seleccionó la fruta con un grado de madurez 5 según la tabla de color del INCONTEC (figura 4)



FIGURA N°4: TABLA DE GRADO MADUREZ MORA DE CASTILLA NORMA TECNICA INCOTEC NT4106

Una vez en el laboratorio, se caracterizaron las frutas cosechadas y se almacenó a las dos condiciones propuestas, ambiente ($T=21^{\circ}\text{C}$ y HR de 67 %) y refrigerada ($T=5^{\circ}\text{C}$ y HR 90 %), se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla N° 14 donde se evaluaron las siguientes variables: Características sensoriales (Color, Textura, Olor y Sabor), pH, Acidez titulable, y recuento de Mohos y Levaduras para ambas condiciones.

TABLA 14: RESULTADOS DE ACIDEZ, PH, TEMPERATURA Y UNIDADES PROPAGADORAS (UPC/G) PARA MORA (*Rubus glaucus*)

Trat	Tiempo (días)	T (°C)	Características sensoriales				Pruebas Físicas		Análisis microbiológico
			Color	Text	Olor	Sabor	pH	% Acidez	Recuento mohos y lev. (UPC/g)
Testigo	1	21	10	10	10	10	2.98	3,20	17 x 10 ³
T1	2	21	10	10	10	10	3.02	2.88	42 x 10 ³
T2	3	21	0	0	0	0	3.06	2.38	52 x 10 ³
T3	4	21	0	0	0	0	3.18	2.59	61 x 10 ³
T4	1	5	10	10	10	10	2.98	3.20	18 x 10 ³
T2	2	5	10	10	10	10	3.00	3.00	17 x 10 ³
T3	3	5	10	10	10	10	3.04	2.96	25 x 10 ³
T4	4	5	10	10	10	10	3.08	2.78	26 x 10 ³
T5	5	5	10	10	10	10	3.10	2.63	30 x 10 ³
T6	6	5	0	0	0	0	3.15	2.51	35 x 10 ³
T7	7	5	0	0	0	0	3.13	2.31	45 x 10 ³

Fuente: Tesista

En los ensayos realizados a 21 °C de almacenamiento en Mora de Castilla, estas frutas presentaron síntomas de *Botrytis*, al día 5, lo cual causó daños en aproximadamente el 12 % de la fruta muestral, y se incrementó en días posteriores.

En el día 7, aproximadamente el 92% de la fruta estuvo infectada de *Botrytis*, dejándola inservible. A 5 °C, el 20 % de la fruta muestral almacenada fue atacada por hongos, con incrementos en días posteriores. Hasta el día 5 no hubo presencia de hongos, pero a partir día 7 aparecieron y a estas condiciones el 60% de la fruta estaba inservible. (Ver Anexo 1)

Como se puede observar en la Tabla 14, los cambios químicos que ocurren en la mora de castilla bajo almacenamiento en los días postcosecha se encuentran en un rango relativamente pequeño. De ahí la importancia del grado de madurez con que se coseche este producto. Los cambios químicos como el pH, en los días postcosecha presentaron en las dos condiciones de almacenamiento una tendencia ascendente, mientras que la acidez titulable descendió durante estos mismos días. Como característica especial se puede observar que en los tres días de almacenamiento al medio ambiente la fruta presentó una disminución en la acidez titulable de un valor de 3,2 a 2,59 expresado como porcentaje de ácido cítrico.

Como se puede observar en el Gráfico N°1 la acidez titulable presenta la misma tendencia para ambas condiciones de almacenamiento. Aunque bajo refrigeración los cambios se producen más lentamente la acidez titulable de la fruta bajo refrigeración, disminuye de un valor de 3,2% el día de la recolección a un 2,20 % en el quinto día del almacenamiento (expresada en porcentaje de ácido cítrico), para luego aumentar a 2,31 % en el séptimo día.

La disminución de los ácidos en el fruto, indica, generalmente, que se están utilizando, forzosamente, como substrato de respiración (Seymour et al., 1993), debido a que los ácidos, en comparación con los carbohidratos, contienen, por cada átomo de C y de H, más átomos de O y así, la liberación de CO₂es mayor que la toma de O₂ (Schulz, 1996).

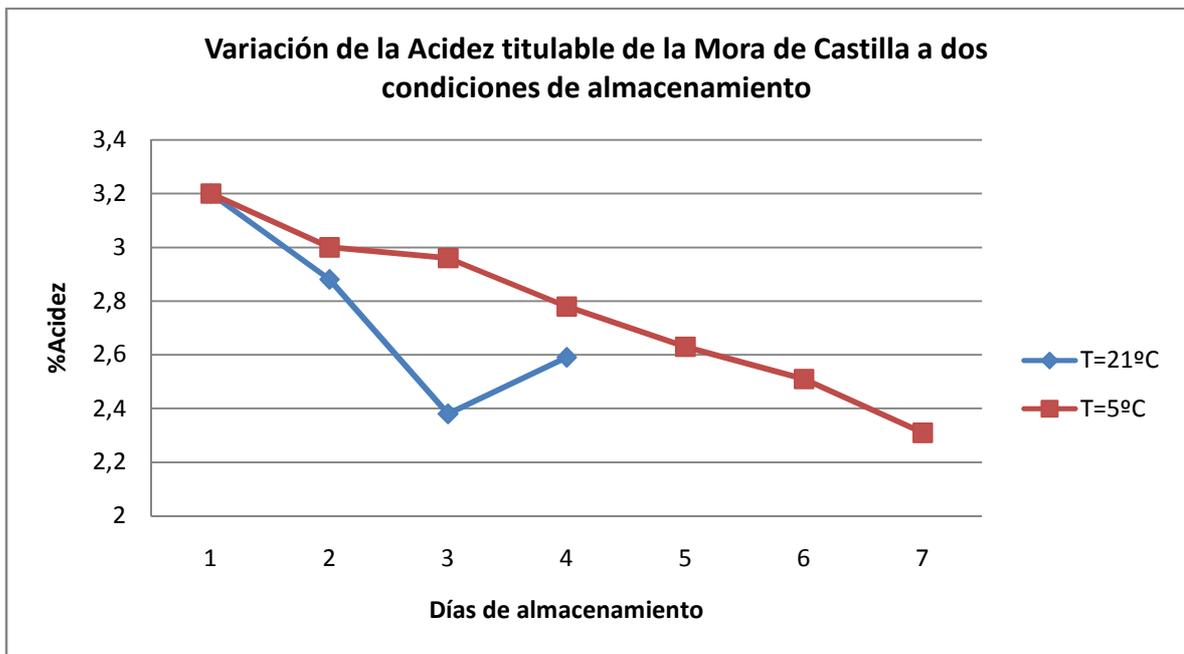


GRAFICO N°1: VARIACION DE LA ACIDEZ TITULABLE DE LA MORA DE CASTILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

El pH de la mora almacenada en las dos condiciones propuestas presentó un comportamiento ligeramente ascendente Gráfico N°2. Al ambiente el pH de la mora varió de 2,98 a 3,18 en los cinco días que duró el almacenamiento; y bajo refrigeración varió de 2,98 el día de la cosecha a 3,15 al quinto día, luego del cual bajó hasta 3,13 en el octavo día.

Hay que anotar que a mayor temperatura de almacenamiento estos cambios ocurren a una tasa mucho más alta; lo anterior quiere decir que esta fruta tiene gran susceptibilidad a ser almacenada a altas temperaturas (mayores de 8°C), en lo que se refiere a la duración de la vida útil del producto.

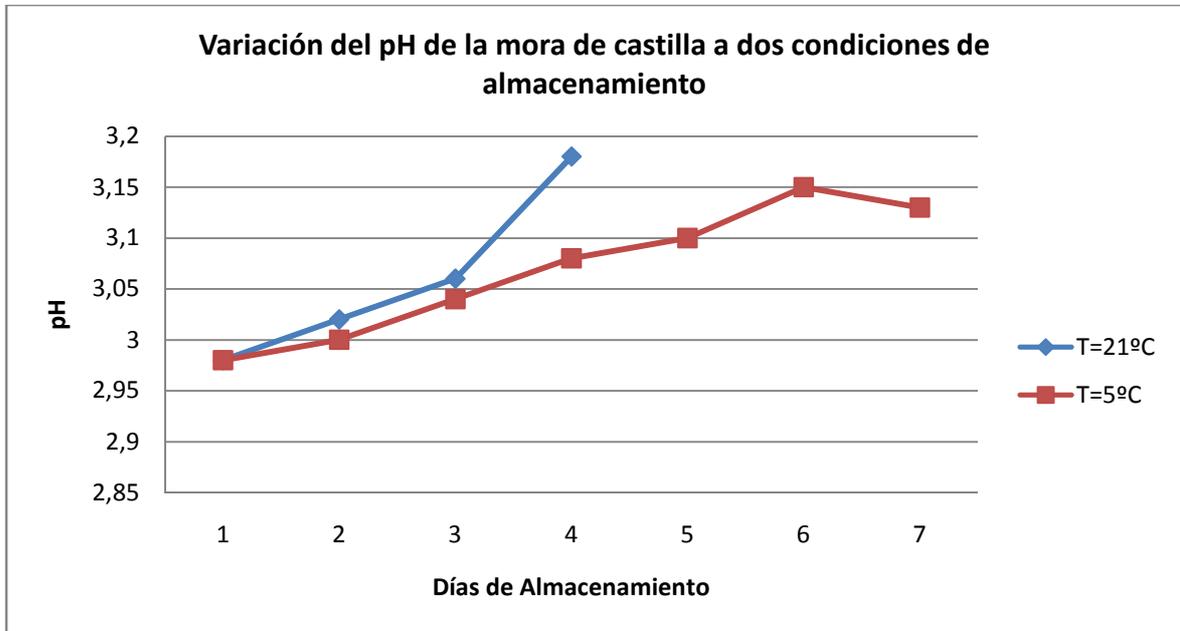


GRAFICO N°2: VARIACION DEL PH DE LA MORA DE CASTILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

Se realizó el recuento microbiano de mohos y levaduras efectuándose siembras periódicas a partir de los días: cero, uno, cuatro, siete y doce, constituyéndose este estudio en una de las respuestas experimentales de nuestro trabajo.

En el reglamento sanitario de los alimentos está especificada la categoría de los productos hortícolas mínimamente procesados siendo el límite para el recuento de mohos y levaduras de 10^5 UFC/g (López 1999), observando que el recuento de mohos y levaduras luego del análisis se presenta un valor inicial de 17×10^3 UFC/g. En las condiciones de almacenamiento de temperatura ambiente existe un incremento mayor de carga microbiana. Gráfico N°8.

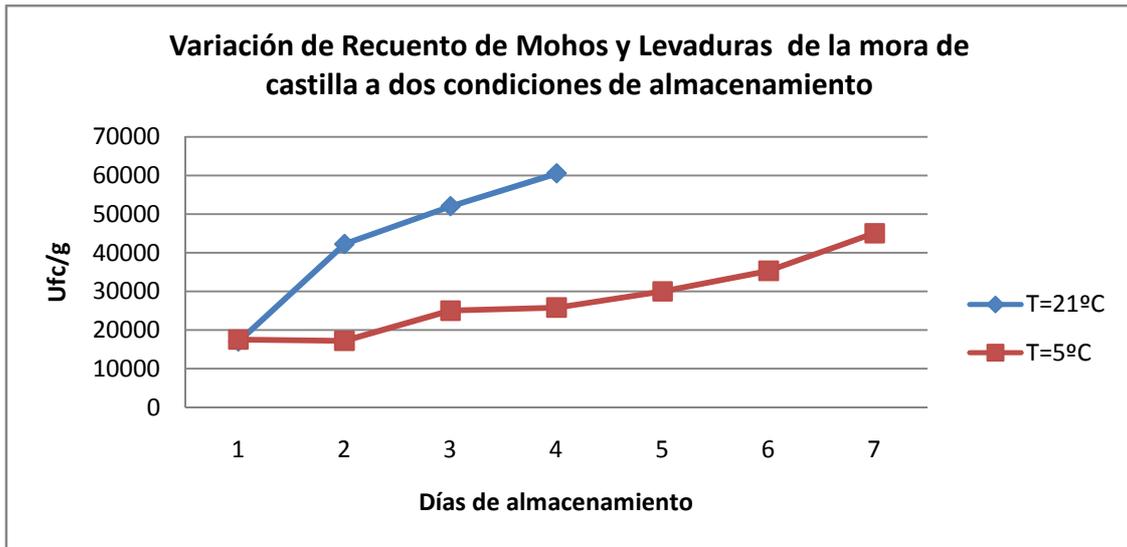
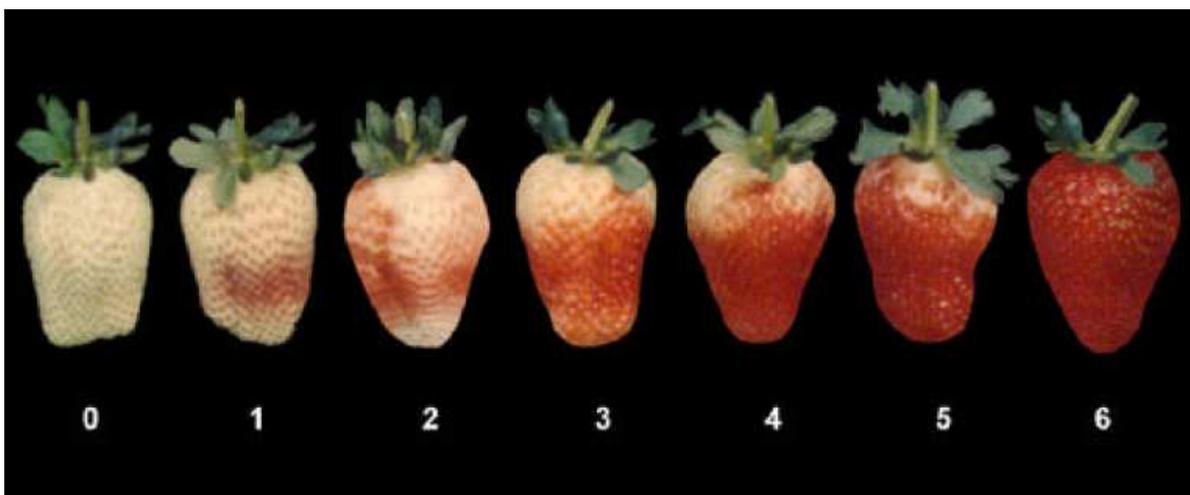


GRAFICO Nº 3: VARIACIÓN MOHOS Y LEVADURAS MORA DE CASTILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

6.4. VARIABLES MEDIDAS EN EL ALMACENAMIENTO DE LA FRUTILLA (*Fragaria sp*) BAJO DOS CONDICIONES.

La frutilla para el estudio se obtuvo de un cultivo comercial ubicado en el cantón Chambo, Provincia de Chimborazo, Ecuador. La fruta fue cosechada en gavetas plásticas de 60 x 40 x 18 cm y en envases de 250g. Al momento de la cosecha se seleccionó la fruta con un grado de madurez 6 según la tabla de color del INCONTEC (figura N°5)



FIGURANº5: TABLA DE GRADO MADUREZ FRUTILLA NORMA TECNICA INCOTEC NT4103

Una vez en el laboratorio, se caracterizaron la fruta cosechada y se almacenó a las dos condiciones propuestas, ambiente (T=21°C y HR de 67 %) y refrigerada (T=5°C y HR 90%). En la Tabla N°15 se presentan los porcentajes de cambios, después del almacenamiento con respecto a los parámetros sensoriales (color, textura, sabor y olor), químicos (pH, acidez titulable) y microbiológicos (Recuento de mohos y levaduras).

TABLA N°15: RESULTADOS DE ACIDEZ, PH, TEMPERATURA Y UNIDADES PROPAGADORAS (UPC/G) PARA FRUTILLA (*Fragaria sp*)

Trat	Tiempo (días)	T (°C)	Características sensoriales				Pruebas Físicas		Análisis microbiológico
			Color	Text	Olor	Sabor	pH	% Acidez	Recuento mohos y lev. (UPC/g)
Testigo	1	21	10	10	10	10	3.51	1,42	72 x 10 ²
T1	2	21	10	10	10	10	3.53	1,36	10 x 10 ³
T2	3	21	10	10	10	10	3.70	1,20	12 x 10 ³
T3	4	21	0	0	0	0	3.85	1,10	15 x 10 ³
T4	5	21	0	0	0	0	3.90	1,00	17 x 10 ³
T5	1	5	10	10	10	10	3.42	1,42	72 x 10 ²
T6	3	5	10	10	10	10	3.47	1,36	92 x 10 ²
T7	5	5	10	10	10	10	3.53	1,32	10 x 10 ³
T8	7	5	10	10	10	10	3.65	1,28	12 x 10 ³
T9	10	5	10	10	10	10	3.72	1,19	12 x 10 ³
T10	15	5	0	0	0	0	3.80	1,13	86 x 10 ²

Fuente: Tesista

Los cambios en la apariencia general de la fruta muestral fueron de alrededor del 60 % en las frutas en refrigeración e intermedia y aproximadamente del 90 % para las frutas almacenadas a temperatura ambiente. En los ensayos realizados a 21 °C de almacenamiento en Frutilla, estas presentaron síntomas de *Botrytis*, al día 5, y se incrementó en días posteriores.

En el día 8, aproximadamente la fruta estuvo infectada de *Botrytis* casi completamente, dejándola inservible. En los ensayos realizados a temperatura de refrigeración 5 °C, la fruta muestral almacenada fue atacada por hongos en el día 10, con incrementos en días posteriores. Hasta el día 7 no hubo presencia de hongos, pero a partir día 10 aparecieron

y a estas condiciones un gran porcentaje de la fruta estaba inservible el día 15. (Ver Anexo 1)

El atributo sensorial que sufrió menor variación, respecto a su calificación inicial, fue la textura. Mayores reducciones en éste atributo fueron reportados por Gil et al. (2006) quienes registraron una disminución del 40 % en firmeza en frutillas mínimamente procesadas variedad Seascape almacenadas durante 9 días a 5 °C. Los parámetros sensoriales oscurecimiento, sabor y olores extraños registraron los mayores porcentajes de cambio. En general y fundamentalmente a la temperatura máxima de almacenamiento, los cambios fueron mayores en las frutillas.

El pH es un factor muy importante para permitir o no el crecimiento de microorganismos alteradores en los alimentos, las frutillas por sus valores de pH no permiten el fácil crecimiento de bacterias, pero sí de hongos y levaduras que son los principales agentes de alteración de estas (Mossel, 2003).

En cuanto a la acidez, esta se encuentra significativamente relacionada con el pH, esto se debe a que a medida que el pH se incrementa, la acidez va a disminuir (Tabla N°15). Con el aumento de la maduración se observó un descenso uniforme del contenido de la acidez total titulable, lo que indica, que se están utilizando los ácidos del fruto como substrato de respiración (Seymour et al., 1993), debido a que los ácidos, en comparación con los carbohidratos, contienen, por cada átomo de C y de H, más átomos de O y así, la liberación de CO₂ es mayor que la toma de O₂ (Schulz, 1996).

En cuanto a las características organolépticas, el pH se usa como base para medir la madurez de las frutas (www.sensitech.com) por lo tanto es lógico que esté relacionado. Las frutillas al ir sufriendo su proceso normal de maduración por sus procesos fisiológicos normales van a cambiar sus características físicoquímicas disminuyendo el porcentaje de acidez y aumentando el pH y sus características organolépticas a causa de estos cambios, lo que se puede notar en las frutillas expuestas a 5°C y 21°C a lo largo del almacenamiento por el cambio de color y apariencia. (Gráfico N°4)

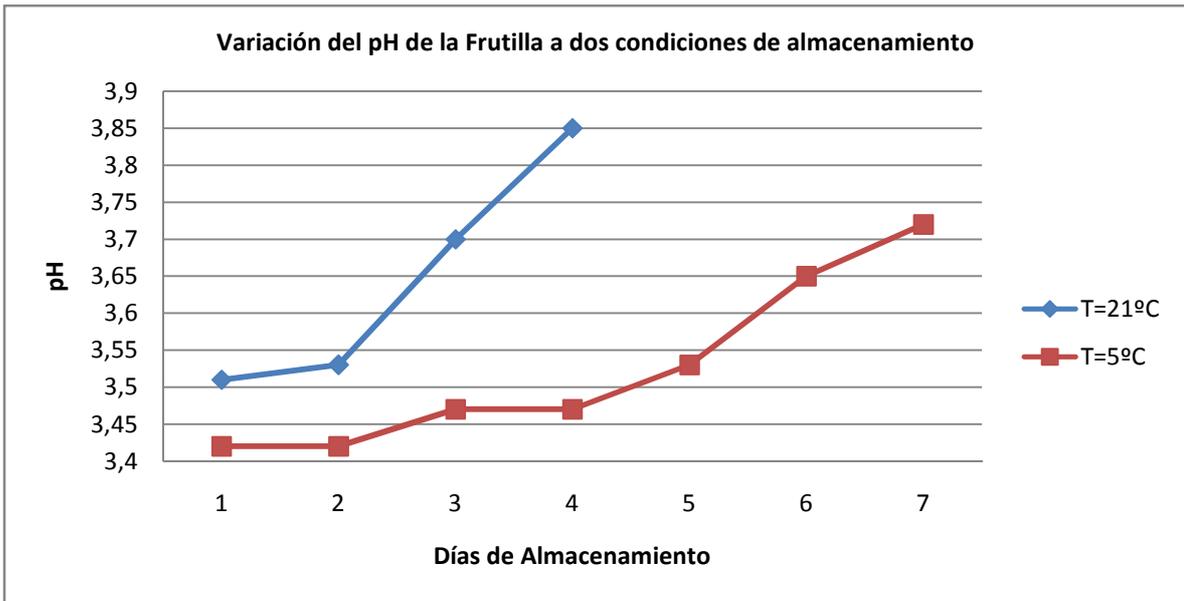


GRAFICO N°4: VARIACION DEL PH DE LA FRUTILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

En cuanto al olor y sabor es difícil saber si se percibieron los cambios de pH y acidez, sin embargo ambas características disminuyeron con respecto al tiempo de almacenamiento, principalmente a 21°C. (Gráficos N°4 y 5). Es muy importante tener en cuenta que a la temperatura de 5°C los valores para las variables de pH y porcentaje de acidez no cambiaron mucho aparentemente, lo que prueba que en estas temperaturas de refrigeración los procesos propios de maduración se ven retardados y alargan la vida útil de las frutillas.

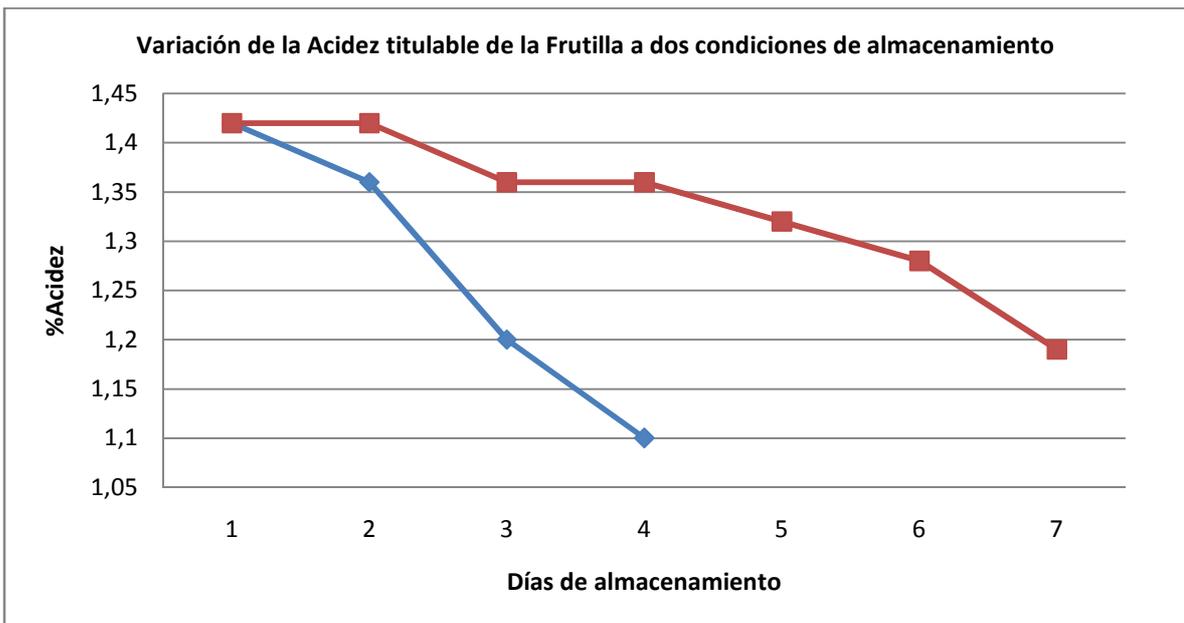


GRAFICO N°5: VARIACION DE LA ACIDEZ TITULABLE DE LA FRUTILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

Se realizó el recuento microbiano de mohos y levaduras efectuándose siembras periódicas constituyéndose este estudio en una de las respuestas experimentales de nuestro trabajo. En el reglamento sanitario de los alimentos está especificada la categoría de los productos hortícolas mínimamente procesados siendo el límite para el recuento de mohos y levaduras de 10^5 UFC/g(López 1999), observando que el recuento de mohos y levaduras luego del análisis se presenta un incremento mayor de carga microbiana.

Los hongos son los mayores alteradores de las frutas, esto se comprobó a lo largo del estudio se pudo verificar que la temperatura afecta significativamente a los hongos. Las temperaturas de 5°C y 21°C, permiten un buen desarrollo presentando su pico de crecimiento, en la temperatura de 21°C donde se multiplican normalmente, el aumento de la población se debe básicamente a que la maquinaria enzimática y a que los procesos metabólicos se desarrollan mejor a temperaturas cercanas a las óptimas y a las características intrínsecas de las frutillas (pH, aw., nutrientes) que permitieron su adecuado crecimiento. (Gráfico N°6)

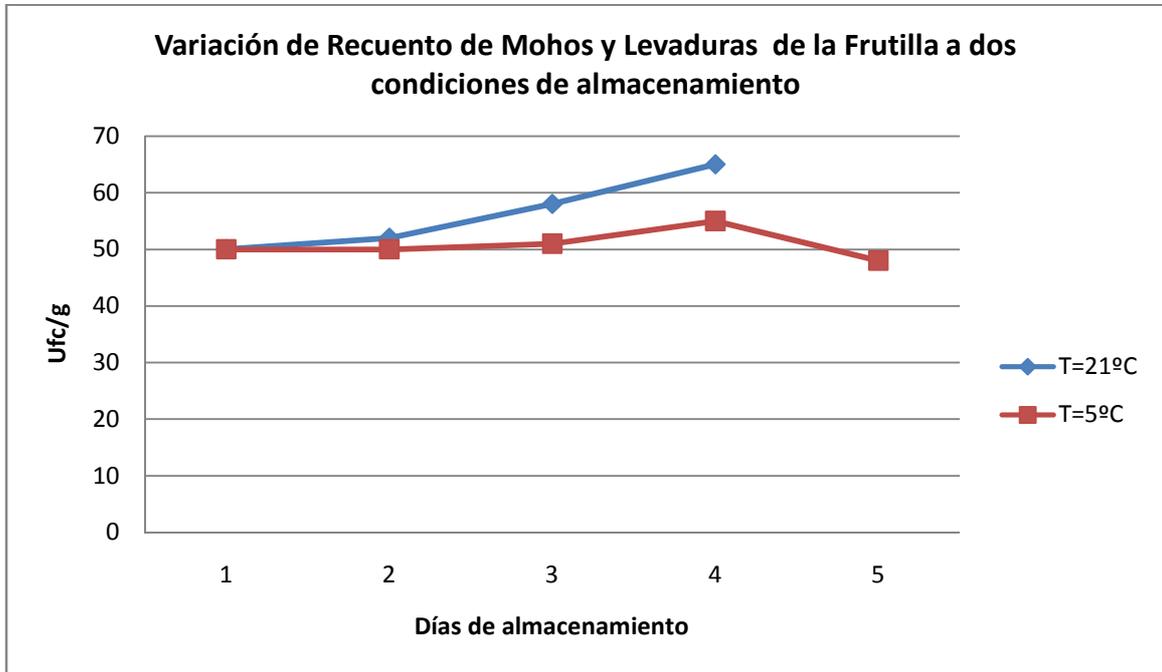


GRAFICO N°6: VARIACIÓN MOHOS Y LEVADURAS FRUTILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

6.5. VARIABLES MEDIDAS EN EL ALMACENAMIENTO DE LA UVILLA (*Physalis peruviana L.*) BAJO DOS CONDICIONES.

Para el desarrollo del experimento se utilizaron frutos de uvilla ecotipo “Ecuatoriana” en un estado de maduración No. 6 de acuerdo con la norma INCOTEC NTC 4580, provenientes del Cantón Chambo. La calidad de la fruta fue la estándar del mercado nacional y se sometió a un proceso adicional de selección retirando los frutos con rajaduras, daños mecánicos y lesiones por patógenos. (Figura N°6)

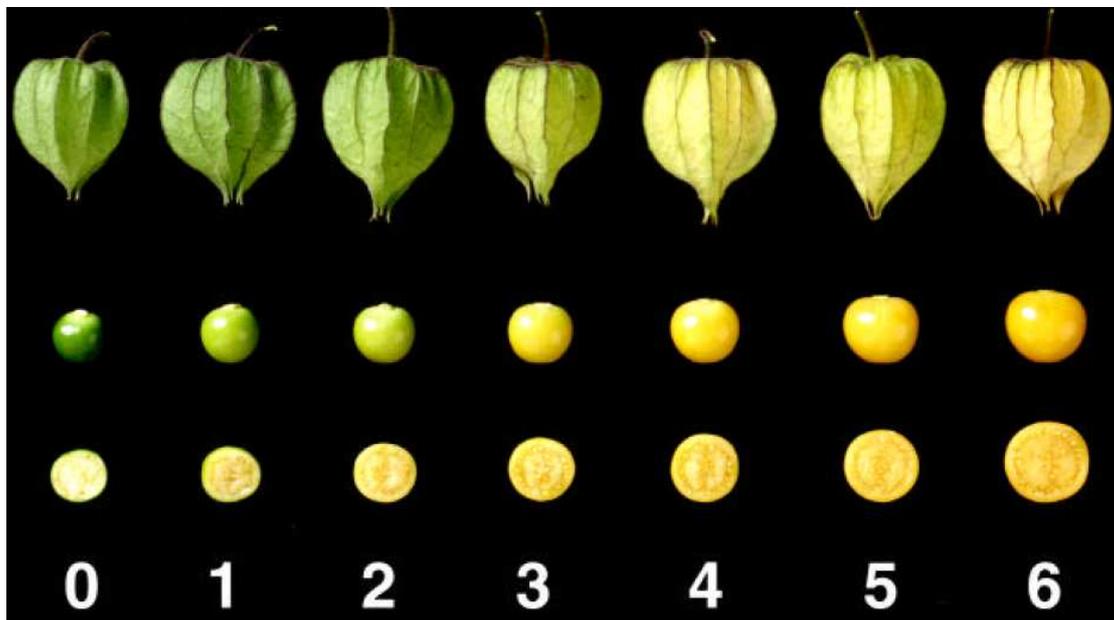


FIGURA N°6: TABLA DE GRADO UVILLA NORMA TECNICA INCOTEC NT4580

Se usaron canastillas, para todas las unidades experimentales se utilizó 75 g de fruta y se almacenaron a una temperatura ambiente ($T=21^{\circ}\text{C}$ y HR de 67 %) y refrigerada ($T=5^{\circ}\text{C}$ y HR 90 %), se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla N°16 donde se evaluaron las siguientes variables para ambas condiciones:

- Características sensoriales (Color, Textura, Olor y Sabor)
- pH
- Acidez titulable
- Recuento de Mohos y Levaduras.

TABLA N°16 : RESULTADOS DE ACIDEZ, PH, TEMPERATURA Y UNIDADES PROPAGADORAS (UP/G) PARA UVILLA (*Physalis peruviana* L.)

Trat	Tiempo (días)	T (°C)	Características sensoriales				Pruebas Físicas		Análisis microbiológico
			Color	Text	Olor	Sabor	pH	% Acidez	Recuento mohos y lev. (UP/g)
Testigo	1		10	10	10	10	4.06	1.95	50
T1	7	21	10	10	10	10	4.22	1.98	52
T2	15	21	10	10	10	10	4.44	1.77	58
T3	21	21	0	0	0	0	4.90	1.64	65
T4	30	21	0	0	0	0	3.95	1.54	60
T2	7	5	10	10	10	10	4.10	1.94	50
T4	15	5	10	10	10	10	4.32	1.68	51
T6	21	5	10	10	10	10	4.73	1.56	55
T8	30	5	0	0	0	0	3.75	1.48	48

Fuente: Tesista

Los cambios en la apariencia general de la fruta muestral fueron de alrededor del 40 % en las frutas en refrigeración e intermedia y aproximadamente del 60 % para las frutas almacenadas a temperatura ambiente. En los ensayos realizados a 21 °C de almacenamiento, la fruta presentó síntomas de *Botrytis*, al día 18, y se incrementó en días posteriores. (Ver Anexo 19)

En los ensayos realizados a temperatura de refrigeración 5 °C, la fruta muestral almacenada fue atacada por hongos en el día 28, con un incremento mínimo en días posteriores. Hasta el día 25 no hubo presencia de hongos

Los parámetros sensoriales oscurecimiento, sabor y olores extraños registraron los mayores porcentajes de cambio a partir de la cuarta semana de estudio. En general y fundamentalmente a la temperatura máxima de almacenamiento, los cambios fueron mayores en las uvillas.

En la primera y segunda semana del ensayo los frutos mantuvieron un pH de 4,22 a 4,44, respectivamente (Gráfico N°7). El pH celular es muy importante en la regulación del metabolismo. En frutos, más del 90% del volumen celular es ocupado por la vacuola, que es muy ácida y tiene un pH inferior a 5 (Nanos et al., 1993, citado en Novoa et al., 2006) lo cual coincide con los datos obtenidos en este trabajo.

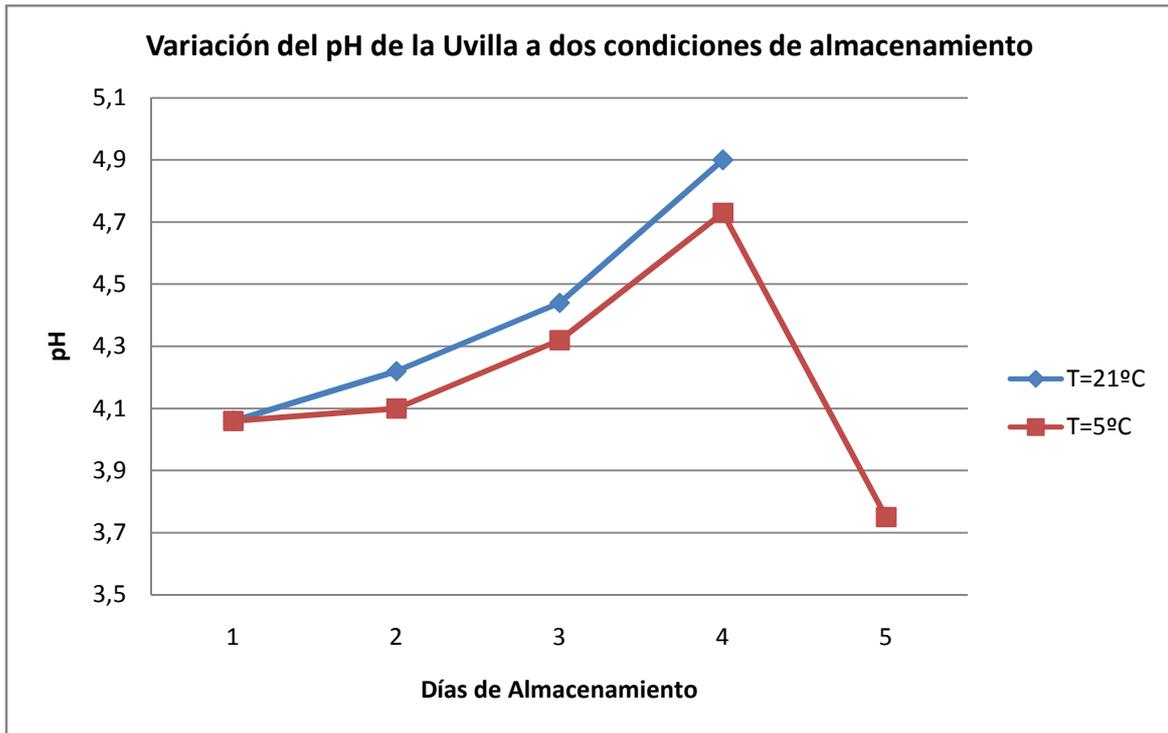


GRAFICO N°7: VARIACION DEL pH DE LA UVILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

Al finalizar el ensayo (cuarta semana) el pH disminuyó considerablemente con relación a las mediciones anteriores, consistentemente con lo encontrado por Novoa et al. (2006) quienes registraron el aumento en el pH hasta el día 16 de almacenamiento y su posterior reducción. En este trabajo se obtuvieron datos máximos (4,9) en el tratamiento de 21°C durante la semana tres y su posterior reducción (Gráfico N°7). El incremento del pH hasta la tercera semana, es consecuencia de la disminución de ácidos presentes en la pulpa del fruto, su posterior reducción podría ser atribuida a procesos de acidificación durante la senescencia del fruto.

Con el aumento de la maduración se observó un descenso uniforme del contenido de la acidez total titulable (Gráfico N°8) relaciones similares se han reportado en la pitahaya (Gallo, 1993) y en la granada (Shulman et al., 1984). La disminución de los ácidos en el fruto, indica, generalmente, que se están utilizando, forzosamente, como substrato de respiración (Seymour et al., 1993), debido a que los ácidos, en comparación con los carbohidratos, contienen, por cada átomo de C y de H, más átomos de O y así, la liberación de CO₂ es mayor que la toma de O₂ (Schulz, 1996).

En razón a que las uvillas alcanzan el máximo de la acumulación de almidón (Fischer y Lüdders, 1997), se puede concluir que, a partir de ese momento, se presenta una disminución del contenido de los ácidos, porque los valores picos de la acumulación de almidón y ácidos, según Schulz (1996), coinciden en los frutos. Además, en concordancia con el mismo autor, con el aumento del volumen del fruto se disminuye el contenido porcentual de la acidez, debido al efecto de la dilución.

En la uvilla, la mayor proporción de los ácidos la constituye el ácido cítrico, con un 85%. Generalmente se considera que la acidez total titulable (ATT) decrece en cuanto avanza el proceso de maduración; los ácidos orgánicos son sustratos utilizados durante la respiración, por lo que la maduración supone un descenso en la acidez (Guzmán y Segura, 1989), lo cual concuerda con lo observado durante el ensayo (Gráfico N°8).

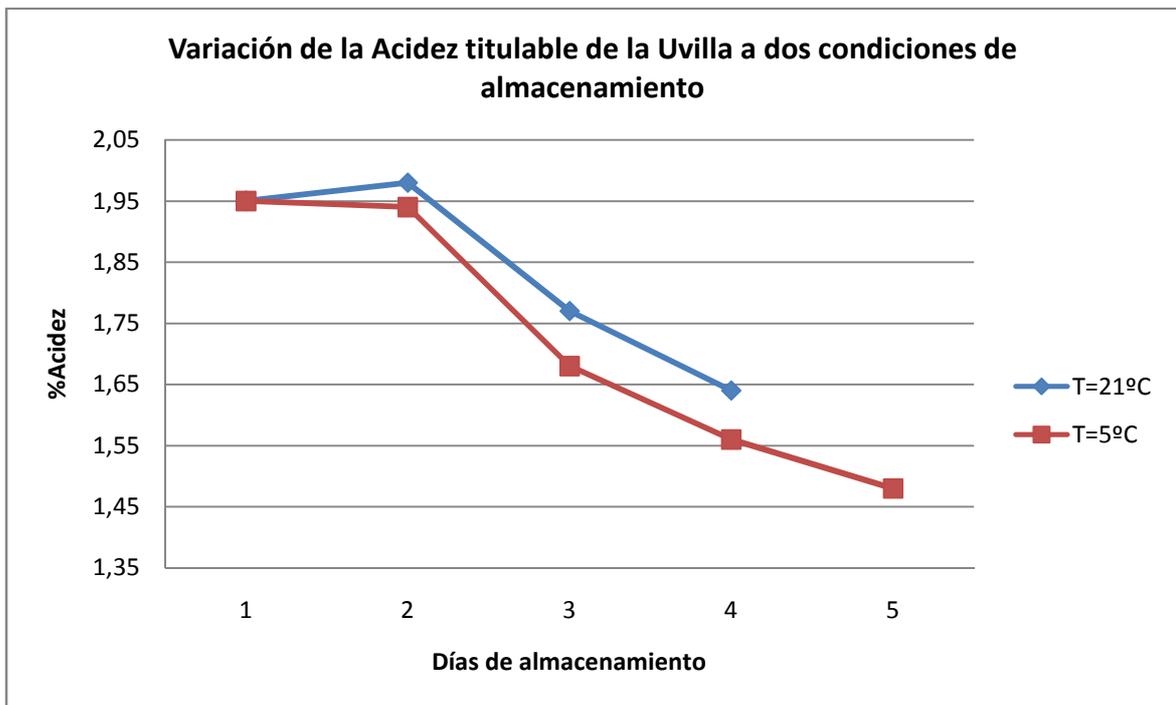


GRAFICO N°8: VARIACION DE LA ACIDEZ TITULABLE DE LA UVILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

En concordancia con Kays (1997) la tendencia general es el descenso en el porcentaje de acidez, debido a que durante el proceso respiratorio se utilizan ácidos como las deshidrogenasas, es decir que siendo los ácidos una reserva energética que se utiliza como sustrato respiratorio, es normal que el contenido de ácidos decline durante el almacenamiento. Herrera (2000), reporta que las uvillas de buena calidad tienen una

ATT entre 1,6% y 2,0%, lo que indica que la conservación de los frutos fue adecuada en los dos tratamientos hasta la segunda semana.

Se realizó el recuento microbiano de mohos y levaduras efectuándose siembras periódicas a partir de los días: cero, siete, quince, veinte y treinta, constituyéndose este estudio en una de las respuestas experimentales de nuestro trabajo. En el reglamento sanitario de los alimentos está especificada la categoría de los productos hortícolas mínimamente procesados siendo el límite para el recuento de mohos y levaduras de 10^5 UFC/g(López 1999), observando que el recuento de mohos y levaduras luego del análisis se presenta un valor inicial de 50ufc/g. En las condiciones de almacenamiento de temperatura ambiente existe un incremento mayor de carga microbiana. (Gráfico N°9)

El tiempo de almacenamiento y la temperatura es otro factor importante con respecto al crecimiento de los hongos, al principio del estudio en el tiempo, los hongos presentaron una población media cercana a 50UFC/g, sin embargo a medida que el tiempo de almacenamiento se prolongó, estos fueron incrementando su cantidad sobre todo en el almacenamiento a 21°C. Hay que tener en cuenta que el incremento de la población de hongos está estrechamente relacionado con la temperatura y el tiempo de almacenamiento, pues a bajas temperaturas se va a controlar mejor la población de estos microorganismos.

Aunque no haya relación estadística de los hongos con los variables físico químicas y organolépticas, estos se encuentran asociados. En el caso del pH y porcentaje de acidez, se ven influenciadas por la presencia de hongos en las uvillas por la transformación de azúcares a ácidos orgánicos incrementando el pH y disminuyendo el porcentaje de acidez; de igual manera también se ven influenciadas por las actividades metabólicas propias de las frutas y su proceso de maduración.

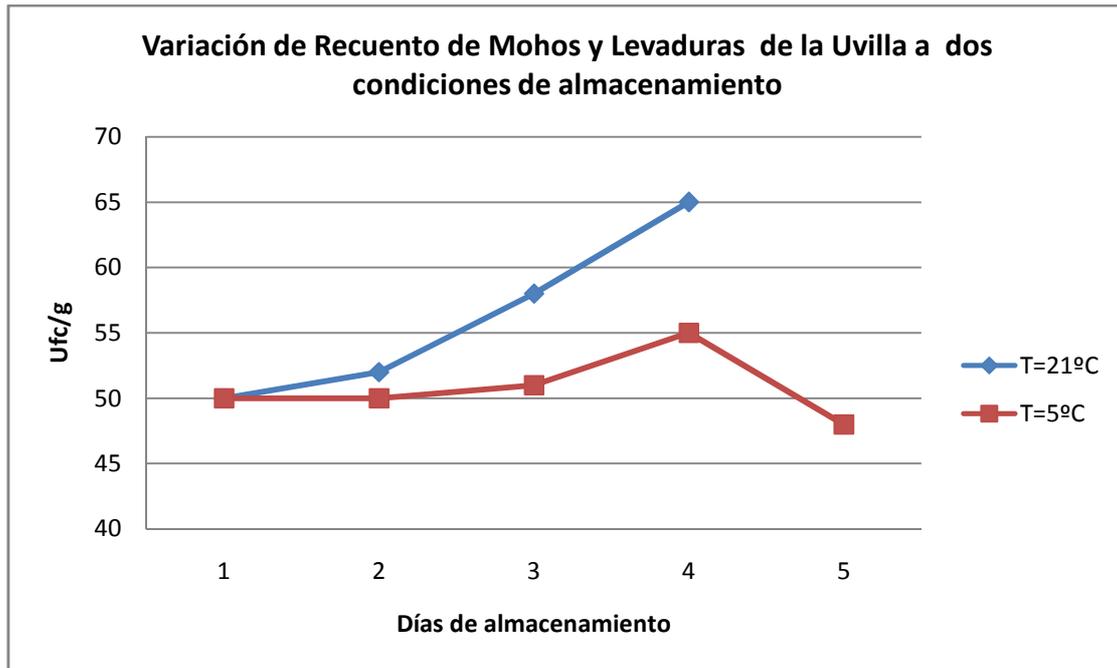


GRÁFICO N°9: VARIACIÓN MOHOS Y LEVADURAS FRUTILLA ALMACENADA A DOS TEMPERATURAS

A lo largo del estudio, la humedad se mantuvo relativamente constante lo que permitió de una u otra forma la presencia de estos microorganismos, bien sea en fase de latencia o desarrollándose normalmente según la temperatura de almacenamiento. Aunque en las muestras almacenadas a 5°C, el crecimiento de los hongos no era considerable, es notable que en la superficie de estas se empieza a observar manchas y áreas húmedas a causa del consumo de sustrato e inicio del crecimiento de los hongos.

6.6. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFUNGICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA “IN VIVO” POR EL MÉTODO DE INMERSIÓN.

Se utilizaron por separado frutas totalmente maduros, se lavaron con agua corriente, se enjuagaron con agua destilada tres veces y se dejaron secar a temperatura ambiente ($25 \pm 3^\circ \text{C}$). En cada tratamiento se emplearon 10 frutos como unidad experimental y tres repeticiones de cada una. Los tratamientos aplicados se observan en la Tablas 17, 21 y 25.

Para los tratamientos individuales se procedió de la siguiente manera; el aceite esencial se pesó para obtener una concentración de 250 y 500 ppm. Las soluciones preparadas se colocaron en vasos de precipitado y finalmente se procedió a tratar los frutos. Se sumergieron los diez frutos en cada tratamiento, uno por uno en el vaso de precipitado

que contenía el tratamiento a evaluar, de manera que quedaran totalmente cubiertos con la solución durante 5 segundos e inmediatamente se retiraron.

Los frutos tratados se colocaron dentro de los contenedores de plástico previamente dispuestos para cada tratamiento. En cada contenedor se colocaron los frutos del mismo tratamiento a una distancia de 2 a 3 cm. Cada tratamiento se hizo por triplicado. Todos estos se colocaron con las mismas condiciones de luz, temperatura y humedad. Se hicieron las observaciones cada 24 h en la incubación a temperatura ambiente (21°C) y en temperatura de refrigeración (5°C) Durante este periodo de incubación se evaluó el pH, % Acidez, Evaluación sensorial y Recuento de mohos y levaduras.

6.6.1. Determinación de la Actividad Antifúngica del Aceite esencial de Canela “*in vivo*” en Mora de Castilla

6.6.1.1. Duración del almacenamiento

En general, los tratamientos con Aceite esencial de Canela ayudaron a que se conserve mejor el producto, dándonos un valor de 12 días de vida útil, que al comparar este valor con bibliografía obtenido por el SENA y la Universidad Nacional de Colombia (1995), que es de 7 días. Podemos decir que mediante nuestra investigación se logró incrementar cinco días manteniéndose características aceptables. (Ver Anexo 2)

En el día 15, para los tratamientos almacenados a temperatura ambiente la fruta, estaba blanda y presentó una mínima presencia de hongos, aproximadamente en 2,5 % de fruta. Además, se presentó la presencia de sabores extraños, típicos los cuales fueron más notorios en la fruta con una mayor concentración de aceite esencial. Otro de los inconvenientes presentados fue que las semillas y el centro de la drupa cambiaron de color puesto que se observó un oscurecimiento (Tabla N°17). Hasta el día 12 la fruta no presentó ataque de microorganismos, ni ablandamiento, su presentación fue aceptable, conservando su calidad.

TABLA N°17: RESULTADOS DE ACIDEZ, PH, TEMPERATURA Y UNIDADES PROPAGADORAS (UPC/G) PARA MORA (*RUBUS GLAUCUS*) CON TRATAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Trat	Concen aceite (ppm)	Tiempo (días)	T (°C)	Características sensoriales				Pruebas Físicas		Análisis microbiológico
				Color	Text	Olor	Sabor	pH	% Acidez	Recuento mohos y lev. (UPC/g)
Testigo		1		10	10	10	10	2,98	3,20	17 x 10 ³
T1	250	3	21	10	10	10	10	3,20	3,00	47 x 10 ²
T2	250	3	5	10	10	10	10	3,18	2,98	46 x 10 ²
T3	500	3	21	10	10	10	10	3,19	3,00	48 x 10 ²
T4	500	3	5	10	10	10	10	3,18	3,00	47 x 10 ²
T5	250	7	21	10	10	10	10	3,24	2,92	47 x 10 ²
T6	250	7	5	10	10	10	10	3,22	2,94	46 x 10 ²
T7	500	7	21	10	10	10	10	3,22	2,96	48 x 10 ²
T8	500	7	5	10	10	10	10	3,21	2,98	47 x 10 ²
T9	250	15	21	0	0	0	0	3,27	2,86	47 x 10 ²
T10	250	15	5	10	10	10	10	3,24	2,90	46 x 10 ²
T11	500	15	21	0	0	0	0	3,25	2,90	48 x 10 ²
T12	500	15	5	10	10	10	10	3,22	2,94	47 x 10 ²

Fuente: Tesista

6.6.1.2. pH

Los valores de pH al inicio y al final del almacenamiento en los dos tratamientos de 250 y 500 ppm en temperatura ambiente 21°C y en refrigeración 5°C de la mora se encuentran en la Tabla N°17. Las moras control presentaron un pH promedio de 2,98 al inicio del período de almacenamiento. La aplicación de de las dos concentraciones de aceite esencial de canela probadas en la mora modificaron el pH de la fruta fresca. Los valores de pH inicial para las moras recubiertas con 250 y 500 ppm de aceite esencial obtuvieron pH's iniciales más altos, debido al pH de la solución de aceite esencial.

Al final del período de almacenamiento, todos los tratamientos mostraron un aumento en su pH respecto al inicial de la fruta sin recubrimiento (control). Las moras recubiertas con aceite esencial en concentración de 500 ppm y almacenadas a una temperatura de refrigeración (5°C) presentaron el menor aumento en el pH (0.04 unidades) y el mayor incremento se registró en la fruta recubierta con 250 ppm a una temperatura de 21°C siendo de 0.07 unidades. (Gráfico N°10) Según Holcroft y Kader (1998), los cambios de pH intracelular de la frutas son mayoritariamente debidos a la

capacidad tampón de los ácidos orgánicos, por lo que la concentración de CO₂ podría afectar al metabolismo de dichos ácidos y, por ello, influir en los cambios de pH.

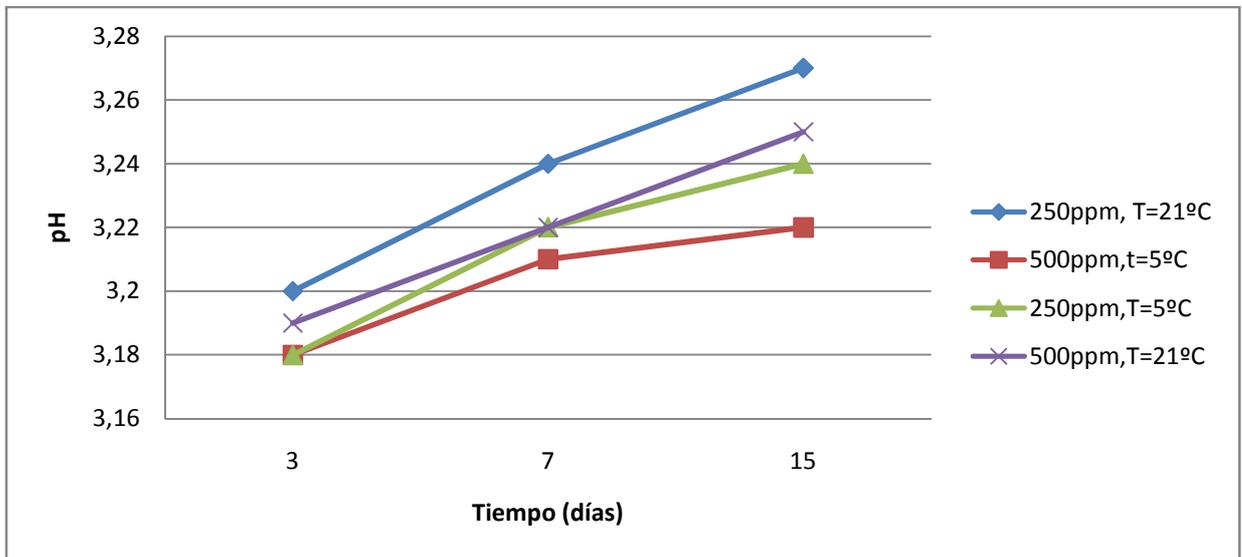


GRÁFICO N°10: pH VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LA MORA RECUBIERTA CON ACEITE ESENCIAL

La fruta recubierta con los dos tratamientos 250 y 500 ppm y ambas temperaturas de almacenamiento mostraron aumentos menores en pH al presentado por la fruta control, es decir, estos recubrimientos disminuyeron los cambios en pH, retardando la senescencia del producto. (Gráfico N°11).

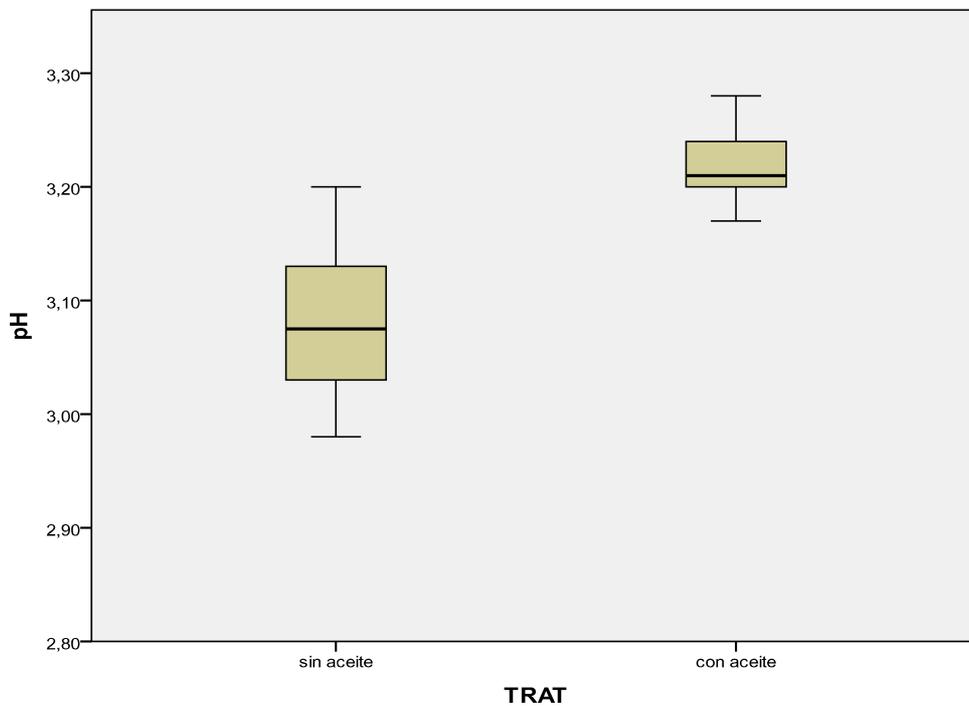


GRÁFICO N°11: VALOR DE pH EN MORAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Si se comparan los resultados obtenidos entre las muestras con y sin recubrimiento de aceite esencial se puede observar que existen diferencias significativas entre ellas. De la aplicación de la Prueba T de Student para muestras independientes sacamos que el nivel de significación es menor de 0,05 (Tabla N°18)

Los resultados de nuestro estudio nos llevan a rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto concluimos que existen diferencias significativas en la variación del pH de la mora con recubrimiento de aceite esencial de canela y sin recubrimiento, lo que lleva a retardar la senescencia del producto.

TABLAN°18: PRUEBA T DE MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA pH MORA DE CASTILLA

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tít. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
pH Se han asumido varianzas iguales	20,269	,000	-11,847	63	,000	-,13578	,01146	-,15868	-,11288
No se han asumido varianzas iguales			-10,800	35,526	,000	-,13578	,01257	-,16129	-,11027

Fuente: Tesista

6.6.1.3. Acidez

Los valores van disminuyendo lentamente en el transcurso del almacenamiento en temperaturas de refrigeración para los tratamientos con aceite esencial de canela, en cambio en los tratamientos que están al ambiente, su disminución es más notoria (3 a 2,86 %), ya que las moras empiezan a descomponerse con rapidez, por esta razón los datos decrecen significativamente.

El porcentaje de acidez en la mora disminuyó con el tiempo de almacenamiento, como se observa en el Gráfico N°12. Además, no se presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos utilizados 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela, pero existieron diferencias entre los tratamientos con y sin aceite.

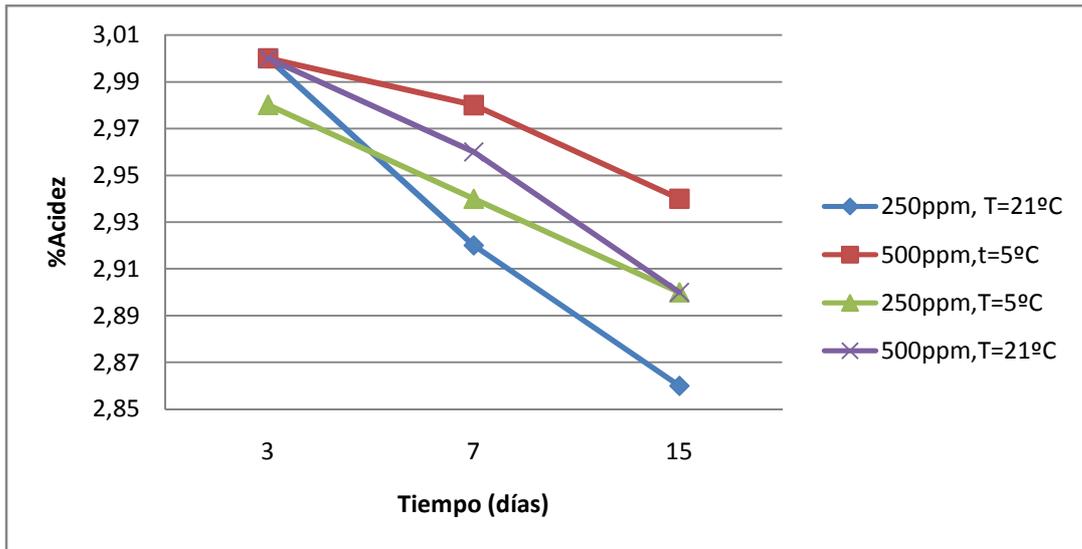


GRÁFICO N°12: PORCENTAJE DE ACIDEZ VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LA MORA RECUBIERTA CON ACEITE ESENCIAL

La disminución de la acidez en la fruta demuestra que el proceso de senescencia se está desarrollando. La aplicación del aceite esencial de canela a las moras, hizo que las mismas retuvieran en mayor medida su acidez durante el tiempo de almacenamiento. Este comportamiento probablemente es debido a que el aceite esencial sobre la superficie de la mora pudo haber disminuido la velocidad de respiración, con lo que se retardarán las reacciones enzimáticas que ocurren en la respiración y por lo tanto, el uso de ácidos orgánicos Hernández-Muñoz et al. (2006). (Gráfico N°13)

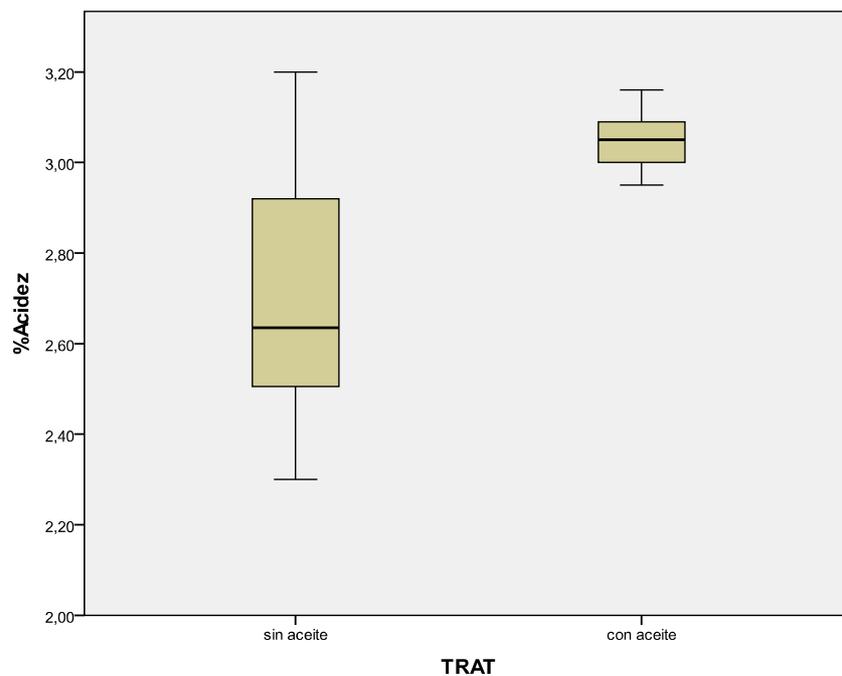


GRÁFICO N°13: VALOR DE ACIDEZ EN MORAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Al realizar el Análisis de Varianza de éste parámetro los resultados que se obtuvieron establecen una significancia de 0.05. Según la Prueba T para muestras independientes, nos demuestra claramente que el tratamiento con aceite esencial de canela, marca una clara diferencia con respecto a la fruta sin recubrimiento, mostrándonos que el valor de acidez decrece en menor proporción lo que favorece a mantener la calidad de la mora.

TABLA N°19: Prueba T de muestras independientes para Acidez Mora de Castilla

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
%Acidez	Se han asumido varianzas iguales	63,527	,005	-8,266	63	,000	-,36215	,04381	-,44971	-,27460
	No se han asumido varianzas iguales			-7,263	28,882	,000	-,36215	,04986	-,46415	-,26016

Fuente: Tesista

Los resultados mostrados en la Tabla N° 19 nos llevan a rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto concluimos que existen diferencias significativas en la disminución del % de Acidez de la mora con recubrimiento de aceite esencial de canela y sin recubrimiento, lo que lleva a retardar la senescencia del producto.

6.6.1.4. Mohos y Levaduras

Se realizó el recuento microbiano de mohos y levaduras efectuándose siembras periódicas, constituyéndose este estudio en una de las respuestas experimentales de nuestro trabajo. En el reglamento sanitario de los alimentos está especificada la categoría de los productos hortícolas mínimamente procesados siendo el límite para el recuento de mohos y levaduras de 10^5 ufc/g (López 1999), observando que el recuento de mohos y levaduras luego del tratamiento de aceite esencial de canela, la carga microbiana se reduce de un valor inicial de 17×10^3 UFC/g a un valor de 46×10^3 UFC/g, (Tabla 17) se nota que el recuento de mohos y levaduras de la mora tratada con aceite esencial está dentro de los límites específicos. (Gráfico N°14)

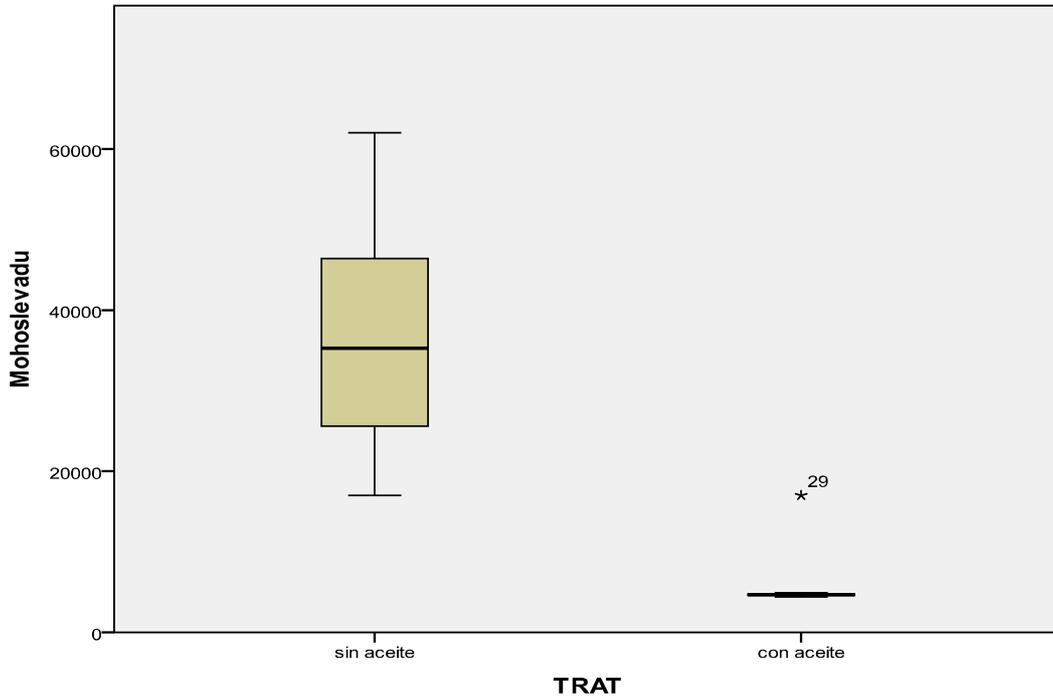


GRÁFICO N°14: MOHOS Y LEVADURAS (UFC/g) EN MORAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Tenemos el Análisis de Varianza (Tabla N°20) en el cual podemos ver claramente que existe una significancia menor a 0.05 entre las moras de castillas sin recubrimiento y las moras tratadas con aceite esencial de canela en concentraciones de 250 y 500 ppm.

TABLA N°20: Prueba t de muestras independientes para Mohos y Levaduras en Mora de Castilla

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilatera l)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Moho levad	Se han asumido varianzas iguales	76,778	,000	13,442	63	,000	31279,228	2326,985	26629,119	35929,337
	No se han asumido varianzas iguales			11,733	27,861	,000	31279,228	2665,937	25817,074	36741,382

Fuente: Tesista

Con estos resultados se acepta la Hipótesis experimental de que el tratamiento con aceite esencial de canela posee un efecto antifúngico, ya que con estas condiciones se logra disminuir de una carga inicial de 1.7×10^4 UFC/g a una carga luego del tratamiento de 5s de 4×10^3 UFC/g disminuyendo el riesgo de alteraciones por acción de los microorganismos.

6.6.1.5. Evaluación Sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de las moras recubiertas con aceite esencial de canela (250 y 500 ppm) realizada a los 3, 7 y 15 días del almacenamiento en refrigeración (5°C) y temperatura ambiente (21°C) se encuentran reportados en la Tabla N°17. Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor y textura al tocar.

La aplicación de ambos tratamientos propuestos 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela y en ambas condiciones de temperatura propuestas en esta investigación, mantienen las características de color, aroma, textura y sabor en el mismo nivel durante al menos 12 días lo que contrasta con los resultados obtenidos para las moras sin recubrimiento que únicamente fueron de 3 días a temperatura ambiente y de 6 días a temperatura de refrigeración.

Se puede determinar la diferencia de porcentaje de conservación de las características sensoriales en los tratamientos propuestos, observándose que en la fruta tratada con aceite esencial de canela se presenta un 46,15% de casos que conservan la calidad de las características sensoriales frente al 24,62% de casos en la fruta sin recubrimiento.

Analizando estadísticamente el nivel de conservación de las características sensoriales con la Prueba de Chi cuadrado, se puede observar que existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la fruta con recubrimiento de aceite esencial y la fruta sin recubrimiento.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio nos llevan a aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto concluimos que existen diferencias significativas en la conservación de la calidad sensorial de la mora con recubrimiento de aceite esencial de canela en comparación con la mora sin recubrimiento, lo que lleva a incrementar la vida útil de la fruta manteniendo su calidad.

6.6.2. Determinación de la Actividad Antifúngica del Aceite esencial de Canela “in vivo” en Frutilla

6.6.2.1. Duración del almacenamiento

La frutilla, como cualquier otra fruta, sigue con su metabolismo activo durante el período postcosecha, caracterizado por una alta tasa de respiración y un rápido proceso de senescencia. Debido a los cambios biofísicos y bioquímicos normales unidos al ataque fúngico, este fruto sufre un rápido deterioro que reduce su vida útil. En esta investigación se registraron los valores iniciales y finales de pH, porcentaje de acidez titulable, del período de almacenamiento de 15 días en refrigeración y a temperatura ambiente. (Ver Anexo 2)

Los tratamientos de 250 y 500 ppm con aceite esencial de canela ayudaron a que se conserve mejor el producto, dándonos un valor de 15 días de vida útil, que al comparar este valor con bibliografía es de 7 días a temperatura de refrigeración (Mejía, P. 2010) Mediante nuestra investigación se incrementó en ocho días el período de vida útil de la fruta manteniéndose características aceptables (Ver tabla 21).

TABLA Nº21: RESULTADOS DE ACIDEZ, PH, TEMPERATURA Y UNIDADES PROPAGADORAS (UP/G) PARA FRUTILLA (*Fragaria sp*) CON TRATAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Trat	Concen aceite (ppm)	Tiempo (días)	T (°C)	Características sensoriales				Pruebas Físicas		Análisis microbiológico
				Color	Text	Olor	Sabor	pH	% Acidez	Recuento mohos y lev. (UP/g)
Testigo		1		10	10	10	10	3,51	1,42	72 x 10 ²
T1	250	5	21	10	10	10	10	3,84	1,32	12 x 10 ²
T2	250	5	5	10	10	10	10	3,83	1,30	12 x 10 ²
T3	500	5	21	10	10	10	10	3,86	1,34	13 x 10 ²
T4	500	5	5	10	10	10	10	3,84	1,31	12 x 10 ²
T5	250	7	21	10	10	10	10	3,89	1,29	12 x 10 ²
T6	250	7	5	10	10	10	10	3,88	1,27	12 x 10 ²
T7	500	7	21	10	10	10	10	3,87	1,30	13 x 10 ²
T8	500	7	5	10	10	10	10	3,85	1,29	12 x 10 ²
T9	250	15	21	10	10	10	10	3,93	1,25	12 x 10 ²
T10	250	15	5	10	10	10	10	3,90	1,26	12 x 10 ²
T11	500	15	21	10	10	10	10	3,91	1,25	13 x 10 ²
T12	500	15	5	10	10	10	10	3,89	1,28	12 x 10 ²

Fuente: Tesista

En general, el aceite esencial ayudó a que se conserve mejor la fruta, aunque se presentaron algunos efectos adversos como los siguientes: presencia de sabores extraños, típicos del aceite esencial los cuales fueron más notorios en la fruta con una mayor concentración de aceite.

Otro de los inconvenientes presentes fue el oscurecimiento de la fruta. Hasta el día 15, la fruta no presentó ataque de microorganismos, ni ablandamiento, su presentación fue aceptable, conservando su calidad (Tabla N° 21)

6.6.2.2. pH

Los valores de pH al inicio y al final del almacenamiento en los dos tratamientos de 250 y 500 ppm en temperatura ambiente 21°C y en refrigeración 5°C de la frutilla se encuentran en la Tabla N°21.

Como ya sabemos conforme la acidez (cambios bioquímicos-transformación de azúcares) disminuye el pH, aumento que se puede observar en la Tabla N°21. Los valores de pH encontrados durante el estudio, correspondientes a la fruta sin recubrimiento de aceite esencial de canela aumentan bruscamente esto a causa de la senescencia de los frutos, en cambio los valores observados para los tratamientos con Aceite esencial de Canela aplicados a la frutilla en concentraciones de 250 y 500 ppm se mantienen constantes con ligeros cambios; esto se debe a que la combinación de estos factores con la temperatura de almacenamiento ayudan a mantener estas propiedades.

Las frutillas control presentaron un pH promedio de 3,51 al inicio del período de almacenamiento. La aplicación de de las dos concentraciones de aceite esencial de canela probadas modificaron el pH de la fruta fresca. Se obtuvieron valores de pH inicial más altos para las frutillas recubiertas con 250 y 500 ppm de aceite esencial obtuvieron, debido al pH de la solución de aceite esencial.

Al final del período de almacenamiento, todos los tratamientos mostraron un aumento en su pH respecto al inicial de la fruta sin recubrimiento (control). La fresa recubierta

con una solución de 500 ppm de Aceite esencial de canela y almacenada a una temperatura de 5°C, presentó el menor aumento en el pH (0.05 unidades) y el mayor incremento se registró en la fruta recubierta con la solución de 250 ppm y almacenada a temperatura ambiente, siendo de 0.09 unidades. (Gráfico N°15)

En su investigación, Han et al. (2004) reportaron igualmente un aumento en el pH durante el período de almacenamiento de fresa sin recubrimiento, hecho que coincide con los datos reportados por otros autores (El Ghaouth et al., 1991 y García et al., 1988), quienes argumentan que un aumento en el pH durante el almacenamiento demuestra la senescencia del producto.

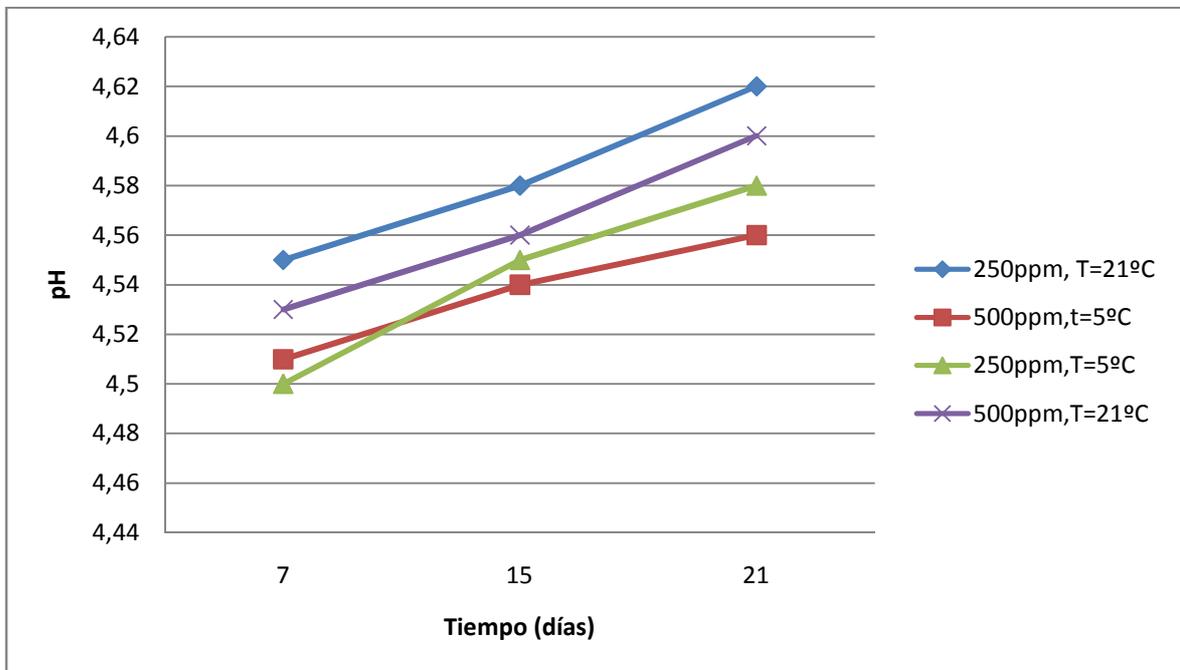


GRÁFICO N°15: pH VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LA FRUTILLA RECUBIERTA CON ACEITE ESENCIAL

La fruta recubierta con el aceite esencial de canela, mostró aumentos menores en pH al presentado por la fruta control, es decir, estos recubrimientos disminuyeron los cambios en pH, retardando la senescencia del producto. (Gráfico N°16)

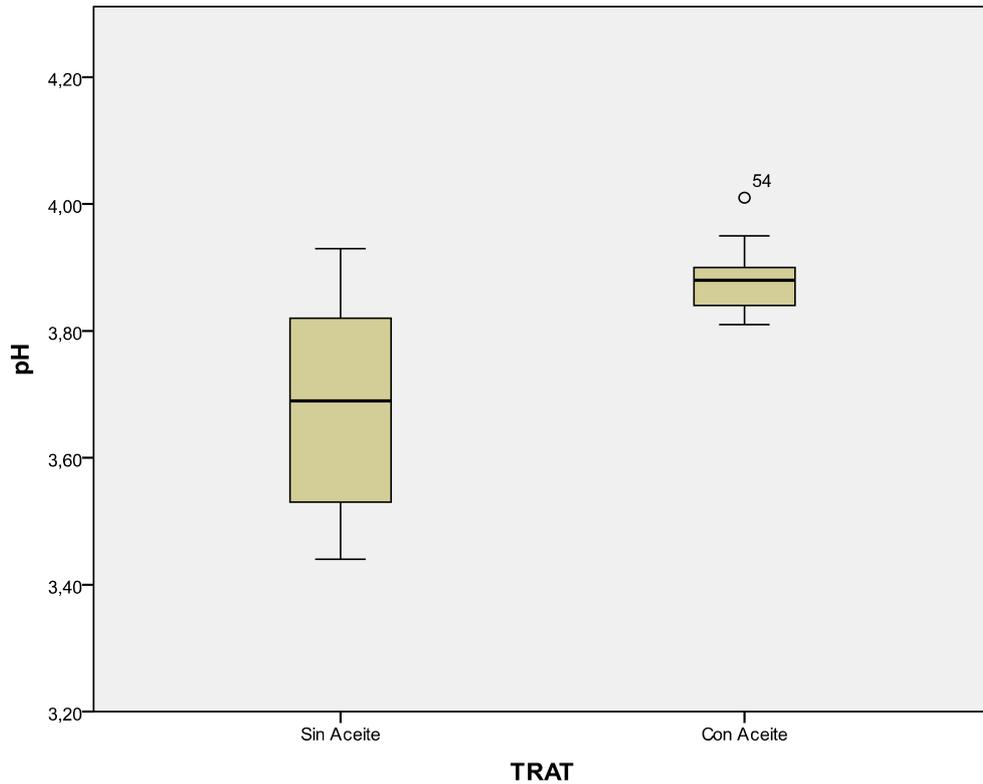


GRÁFICO N°16: VALOR DE pH EN FRUTILLA CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

El Análisis de Varianza nos indica la significancia que se presenta al realizar la prueba T para muestras independientes que nos da como resultado que si se comparan los resultados obtenidos entre las muestras con y sin recubrimiento de aceite esencial se puede observar que existen diferencias significativas entre ellas $p < 0,05$ (Tabla N°22)

TABLAN°22: PRUEBA T DE MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA pH FRUTILLA

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
pH Se han asumido varianzas iguales	48,583	,000	-7,319	63	,000	-,19010	,02597	-,24200	-,13820
No se han asumido varianzas iguales			-6,661	31,480	,000	-,19010	,02854	-,24826	-,13193

Fuente: Tesista

Los resultados de nuestro estudio nos llevan a rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto concluimos que existen diferencias significativas en la variación del pH de la frutilla con recubrimiento de aceite esencial de canela y sin recubrimiento, lo que lleva a retardar la senescencia del producto.

6.6.2.3. Acidez

En la tabla N°21 se encuentran los valores promedio de los porcentajes de acidez titulable para los lotes de frutilla control y recubierta con 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela y almacenadas a temperaturas ambiente y de refrigeración. Las frutillas recubiertas con aceite esencial presentaron el porcentaje de acidez más bajo que las frutas control. El hecho de que la fruta recubierta presente valores más altos está relacionado con la formulación de la solución de aceite esencial de canela que afectó el porcentaje de acidez de la fruta. Después de 15 días de almacenamiento en refrigeración, se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los porcentajes de acidez titulable para las fresas sin recubrimiento y las recubiertas con el aceite esencial de canela.

Todos los tratamientos incluyendo el control presentaron una disminución en su acidez después del período de almacenamiento en refrigeración. La disminución de la acidez en la fruta demuestra que el proceso de senescencia se está desarrollando y también se presenta en las frutillas recubiertas con las dos concentraciones de aceite esencial propuestas en esta investigación. En el gráfico N°17 se puede observar que el porcentaje de acidez titulable para los tratamientos con aceite esencial de canela van disminuyendo lentamente en el transcurso del almacenamiento en temperatura de refrigeración, en cambio en los tratamientos que están al ambiente, su disminución es más notoria (3,84 a 2,86 %)

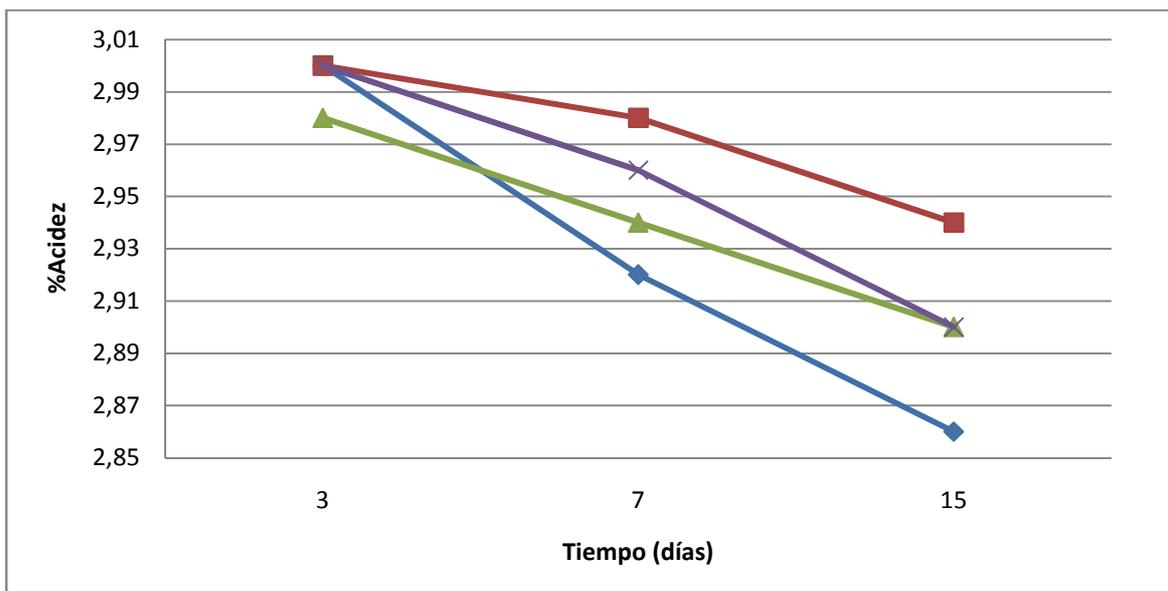


GRÁFICO N°17: PORCENTAJE DE ACIDEZ VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LA FRUTILLA RECUBIERTA CON ACEITE ESENCIAL

No se presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos utilizados 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela, pero existieron diferencias entre los tratamientos con y sin aceite. (Gráfico N°18)

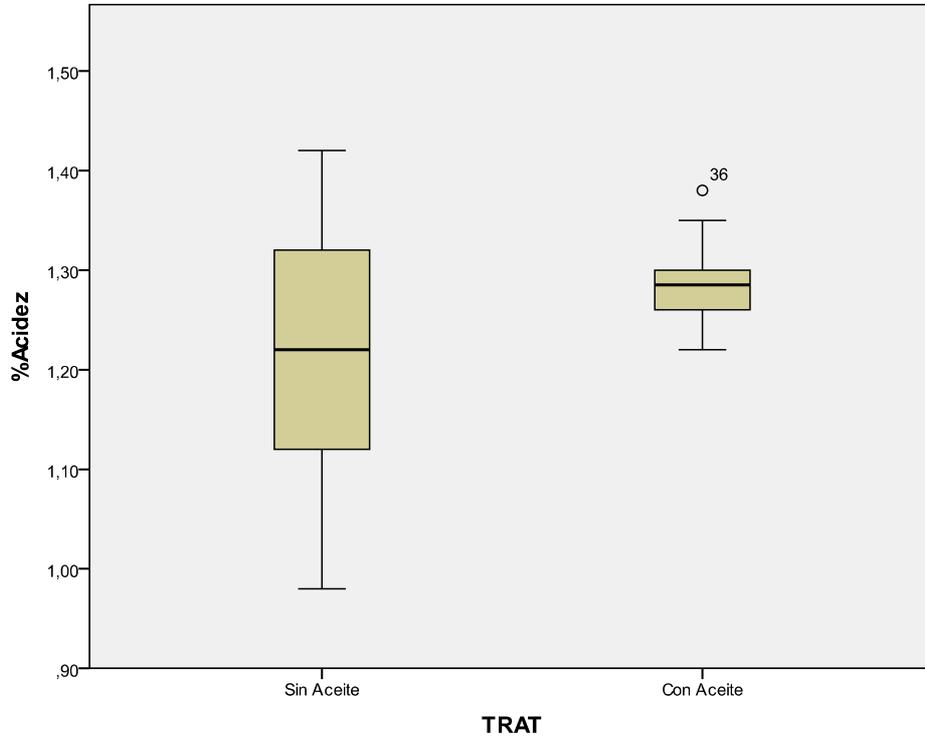


GRÁFICO N°18: VALOR DE ACIDEZ EN FRUTILLAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

La presencia de valores menores correspondientes a la acidez en la fruta demuestra que el proceso de senescencia se está desarrollando. En los tratamientos con aceite esencial de canela se observa una disminución menor de los valores de la acidez ya que la aplicación del aceite esencial de canela, hizo que las mismas retuvieran en mayor medida su acidez durante el tiempo de almacenamiento. (Gráfico N°18)

Según la Prueba T para muestras independientes, nos demuestra claramente que el tratamiento con aceite esencial de canela presenta diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a la fruta sin recubrimiento, demostrándose así que el valor de acidez decrece en menor proporción cuando se aplican los tratamientos de aceite esencial de canela, lo que favorece a mantener la calidad de las frutillas y retardar su proceso de senescencia (Tabla N°23)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la Prueba T para muestras independientes, estos resultados nos llevan a aceptar la Hipótesis experimental, es decir que existen diferencias significativas en la disminución del % de Acidez de las frutillas con recubrimiento de aceite esencial de canela y sin recubrimiento, lo que lleva a retardar la senescencia del producto.

TABLA N°23: Prueba T de muestras independientes para Acidez Frutilla

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
%Acidez	Se han asumido varianzas iguales	47,962	,000	-2,842	63	,006	-,06136	,02159	-,10451	-,01821
	No se han asumido varianzas iguales			-2,586	31,475	,015	-,06136	,02373	-,10972	-,01300

Fuente: Tesista

6.6.2.4. Mohos y Levaduras

En la Tabla 11 se presentan los resultados obtenidos en el recuento microbiano de mohos y levaduras, que se realizó mediante siembras periódicas, constituyéndose este estudio en una de las respuestas experimentales de nuestro trabajo. De acuerdo con el reglamento sanitario de los alimentos se especifica que para la categoría de los productos hortícolas mínimamente procesados el límite para el recuento de mohos y levaduras es de 10^5 ufc/g (López 1999).

En nuestro estudio se observó que luego de la aplicación de los tratamientos de aceite esencial de canela en concentraciones de 250 y 500 ppm, la carga microbiana se reduce de un valor inicial de 72×10^2 UFC/g a un valor de 12×10^2 UFC/g, (Tabla 21), concluyéndose que el aceite esencial de canela disminuye de manera importante la carga microbiana de las frutillas y que el recuento de mohos y levaduras de la frutilla tratada con aceite esencial está dentro de los límites específicos. (Gráfico N°19)

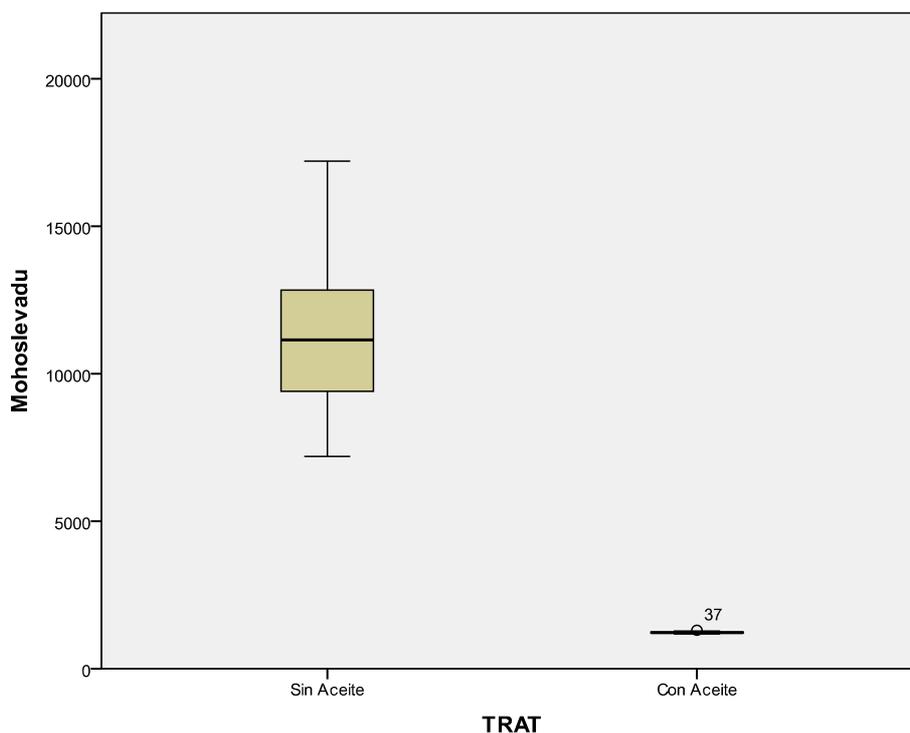


GRÁFICO N°19: MOHOS Y LEVADURAS (UFC/g) EN FRUTILLAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Mediante el Análisis de Varianza (Tabla N°24) se determinan claramente diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las frutillas sin recubrimiento (control) y las frutillas tratadas con aceite esencial de canela en concentraciones de 250 y 500 ppm.

TABLA N°24: Prueba t de muestras independientes para Mohos y Levaduras en Frutilla

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	Prueba T para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Mohos	Se han asumido varianzas iguales	65,373	,000	20,923	63	,000	10201,034	487,545	9226,754	11175,315
Y levaduras	No se han asumido varianzas iguales			18,744	28,004	,000	10201,034	544,241	9086,215	11315,854

Fuente: Tesista

De acuerdo con estos resultados se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la Hipótesis experimental de que el tratamiento con aceite esencial de canela posee un efecto antifúngico, ya que con estas condiciones se logra disminuir de una carga inicial de 72×10^2 UFC/g a una carga luego del tratamiento de 5s de 12×10^2 UFC/gr disminuyendo el riesgo de alteraciones por acción de los microorganismos.

6.6.2.5. Evaluación Sensorial

En la Tabla N°21 se exponen los resultados de la evaluación sensorial de las frutillas recubiertas con aceite esencial de canela (250 y 500 ppm) realizada a los 5, 7 y 15 días del almacenamiento en refrigeración (5°C) y temperatura ambiente (21°C). Las características sensoriales evaluadas fueron color, olor, sabor y textura al tocar.

De acuerdo con esta investigación se determinó que la aplicación de ambos tratamientos propuestos 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela y en ambas condiciones de temperatura propuestas en esta investigación, mantienen las características de color, aroma, textura y sabor en el mismo nivel durante los 15 días evaluados, que al compararse con la bibliografía que indica 7 días a temperatura de refrigeración (Mejía, P. 2010) demuestra que mediante nuestra investigación se incrementó en ocho días el período de vida útil de la fruta manteniéndose características aceptables.

El análisis de las características sensoriales de las frutillas recubiertas con los dos tratamientos de aceite esencial de canela, nos permite determinar que existe una diferencia significativa de porcentaje de conservación de las características sensoriales en los tratamientos propuestos, observándose que en la fruta tratada con aceite esencial de canela se presenta un 47,69% de casos que conservan la calidad de las características sensoriales frente al 30,67% de casos en la fruta sin recubrimiento.

La Prueba de Chi cuadrado aplicada a los resultados obtenidos para las características sensoriales de la fruta conservada con aceite esencial de canela, demuestran que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la fruta con recubrimiento de aceite esencial y la fruta sin recubrimiento. Los resultados obtenidos en nuestro estudio nos llevan a aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto concluimos que existen diferencias significativas en la conservación de la calidad sensorial de la Frutilla con recubrimiento de aceite esencial de canela en comparación con la fruta sin recubrimiento, lo que lleva a incrementar la vida útil de la fruta manteniendo características aceptables de calidad.

6.6.3. Determinación de la Actividad Antifúngica del Aceite esencial de Canela “in vivo” en Uvilla

6.6.3.1. Duración del almacenamiento

Según Betancourt (2010) las uvillas si se almacena con su cáliz, se pueden conservar durante 15 días aproximadamente manteniéndola a una temperatura de 17 a 19°C con una humedad relativa cercana al 70%. Este tiempo puede prolongarse a más de un mes si la temperatura que se usa está entre 4 y 6 grados centígrados.

En la investigación las uvillas tratadas con aceite esencial de canela en una concentración de 250ppm y almacenadas a 21°C poseen un período de vida útil de aproximadamente 21 días, mientras que en el tratamiento con aceite esencial de canela en una concentración de 500ppm y almacenadas a una temperatura de 5°C se determinó un período de vida útil de aproximadamente 30 días. (Ve Anexo 2)

Se presentaron algunos efectos adversos similares a los experimentados con las Moras y Frutillas como presencia de sabores extraños, típicos del aceite esencial los cuales fueron más notorios en la fruta con una mayor concentración de aceite. Otro de los inconvenientes presentes fue el oscurecimiento de la fruta.

En el día 21, para los tratamientos almacenados a temperatura ambiente la fruta, estaba blanda y presentó una mínima presencia de hongos, aproximadamente en 2 % de fruta (Tabla N°25). Hasta el día 30 en temperatura de refrigeración, la fruta no presentó ataque de microorganismos, ni ablandamiento, su presentación fue aceptable, conservando su calidad.

TABLA N°25 : RESULTADOS DE ACIDEZ, PH, TEMPERATURA Y UNIDADES PROPAGADORAS (UP/G) PARA UVILLA (*Physalis peruviana* L.) CON TRATAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Trat	Concen aceite (ppm)	Tiempo (días)	T (°C)	Características sensoriales				Pruebas Físicas		Análisis microbiológico
				Color	Text	Olor	Sabor	pH	% Acidez	Recuento mohos y lev. (UP/g)
Testigo		1		10	10	10	10	4,06	1,95	50
T1	250	7	21	10	10	10	10	4,55	1,81	24
T2	250	7	5	10	10	10	10	4,50	1,78	20
T3	500	7	21	10	10	10	10	4,53	1,80	32
T4	500	7	5	10	10	10	10	4,51	1,79	28
T5	250	15	21	10	10	10	10	4,58	1,75	22
T6	250	15	5	10	10	10	10	4,55	1,77	20
T7	500	15	21	10	10	10	10	4,56	1,78	32
T8	500	15	5	10	10	10	10	4,54	1,79	30
T9	250	21	21	10	10	10	10	4,62	1,73	22
T10	250	21	5	10	10	10	10	4,58	1,77	19
T11	500	21	21	10	10	10	10	4,60	1,75	32
T12	500	21	5	10	10	10	10	4,56	1,78	30
T13	250	30	21	10	10	10	10	4,63	1,72	24
T14	250	30	5	10	10	10	10	4,58	1,74	21
T15	500	30	21	0	0	0	0	4,62	1,71	34
T16	500	30	5	10	10	10	10	4,60	1,76	32

Fuente: Tesista

6.6.3.2. pH

Los valores de pH al inicio y al final del almacenamiento en los dos tratamientos de 250 y 500 ppm en temperatura ambiente 21°C y en refrigeración 5°C de la Uvilla se encuentran en la Tabla N°25.

El pH promedio que las uvillas control presentaron es de 4,06 al inicio del período de almacenamiento. La aplicación de de las dos concentraciones de aceite esencial de canela probadas en las uvillas modificaron el pH de la fruta fresca. Los valores de pH inicial para las uvillas que recibieron los tratamientos de 250 y 500 ppm de aceite esencial fueron inicialmente más altos, debido al pH de la solución de aceite esencial.

Al finalizar del período de almacenamiento, todos los tratamientos mostraron un aumento en su pH respecto al inicial de la fruta sin recubrimiento (control). Las uvillas que recibieron el tratamiento de aceite esencial en concentración de 500 ppm y almacenadas a una temperatura de refrigeración (5°C) presentaron el menor aumento en

el pH (0.04 unidades) y el mayor incremento se registró en la fruta recubierta con 250 ppm a una temperatura ambiente (21°C) siendo de 0.07 unidades. (Gráfico N°20).

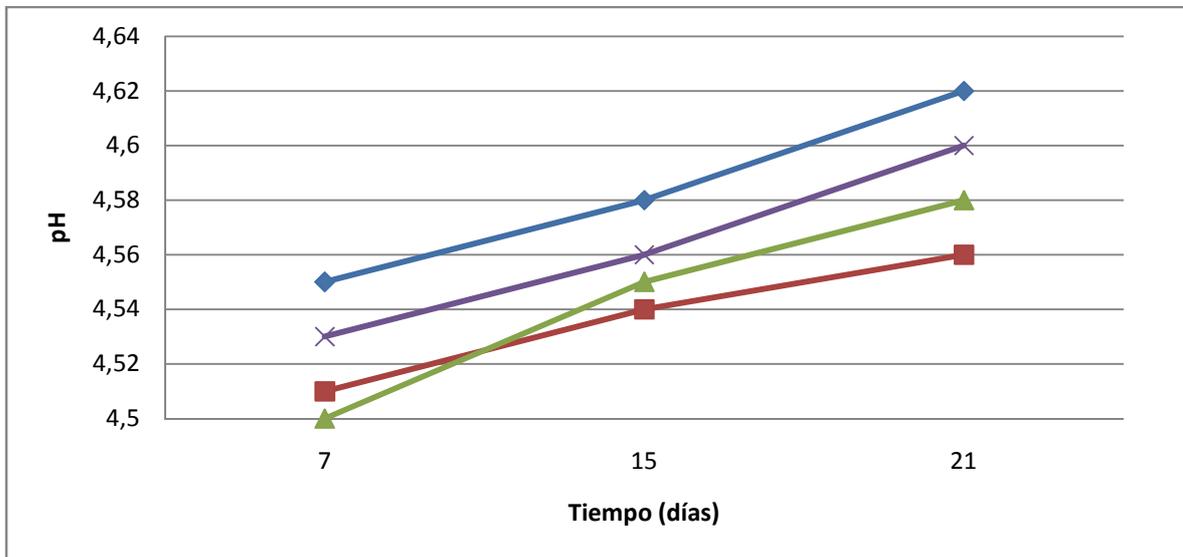


GRÁFICO N°20: pH VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LA UVILLA RECUBIERTA CON ACEITE ESENCIAL

Las uvillas recubiertas con aceite esencial de canela y almacenadas a temperatura ambiente y de refrigeración experimentaron aumentos menores en pH al presentado por la fruta control, retardando la senescencia del producto. (Gráfico N°21).

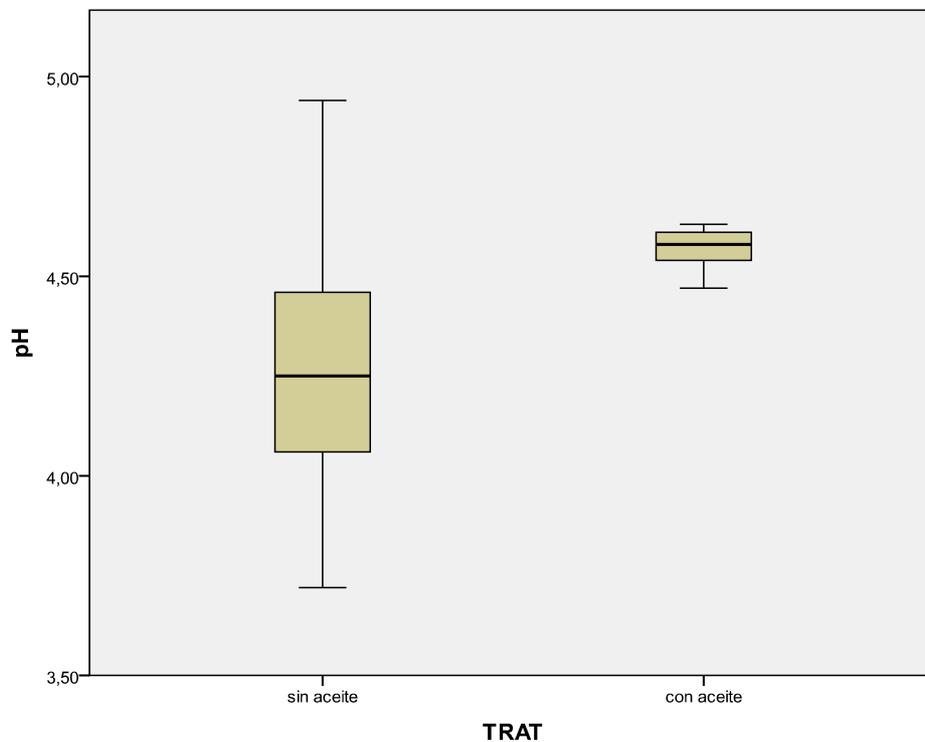


GRÁFICO N°21: VALOR DE pH EN UVILLAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

El Análisis estadístico demuestra la presencia de diferencias significativas ($p=0,01$) entre las muestras de uvillas tratadas con aceite esencial de canela y sin recubrimiento de aceite. (Tabla N°26)

De acuerdo con la Prueba de T para muestras independientes, los resultados de nuestro estudio nos llevan a rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto se determinan diferencias significativas en la variación del pH de las uvillas con recubrimiento de aceite esencial de canela y sin recubrimiento, lo que lleva a retardar la senescencia del producto y a incrementar la vida útil del mismo.

TABLAN°26: PRUEBA T DE MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA pH UVILLA

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
pH Se han asumido varianzas iguales	71,211	,000	-5,245	71	,000	-,27656	,05273	-,38170	-,17142
No se han asumido varianzas iguales			-3,800	24,373	,001	-,27656	,07277	-,42663	-,12649

Fuente: Tesista

6.6.3.3. Acidez

Los valores de Acidez obtenidos para las uvillas, van disminuyendo lentamente en el transcurso del almacenamiento en temperaturas de refrigeración para los tratamientos con aceite esencial de canela, en cambio en los tratamientos que están al ambiente, su disminución es más notoria (1,81 a 1,73 %).

El porcentaje de acidez en la uvilla disminuyó con el tiempo de almacenamiento, como se observa en el Gráfico N°22. Además, no se presentaron diferencias significativas entre los dos tratamientos utilizados 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela, pero existieron diferencias entre los tratamientos con y sin aceite.

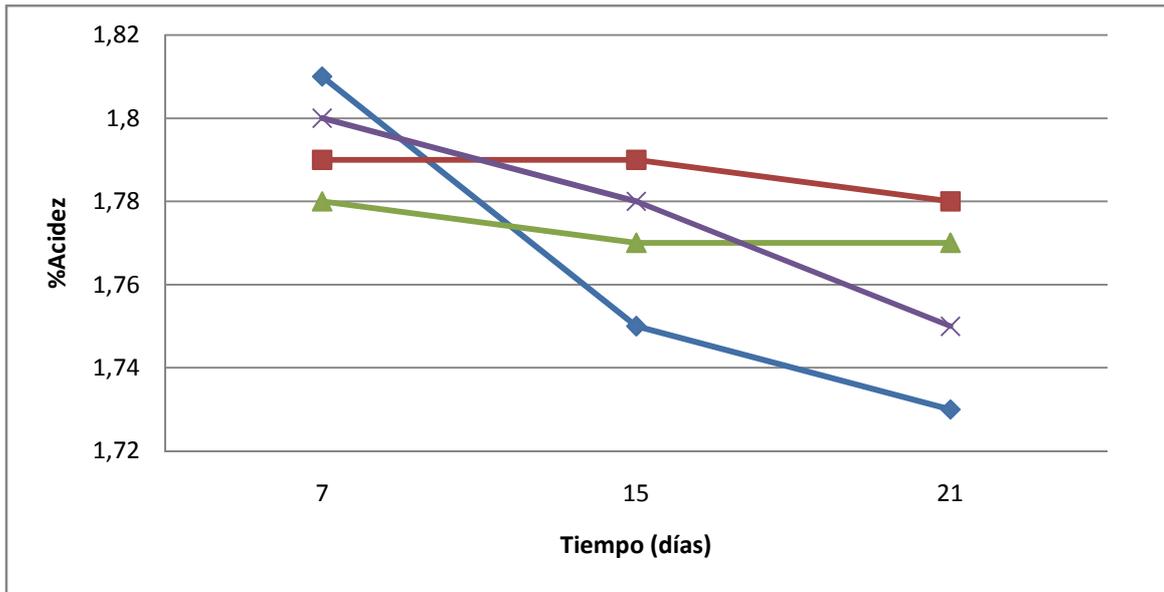


GRÁFICO N°22: PORCENTAJE DE ACIDEZ VS TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA LA UVILLA RECUBIERTA CON ACEITE ESENCIAL

La disminución de la acidez en la fruta demuestra que el proceso de senescencia se está desarrollando. La aplicación del aceite esencial de canela a las Uvillas, permitió que las mismas retuvieran en mayor medida su acidez durante el tiempo de almacenamiento. Este comportamiento probablemente es debido a que el aceite esencial sobre la superficie de la mora pudo haber disminuido la velocidad de respiración, con lo que se retardarán las reacciones enzimáticas que ocurren en la respiración. (Gráfico N°23)

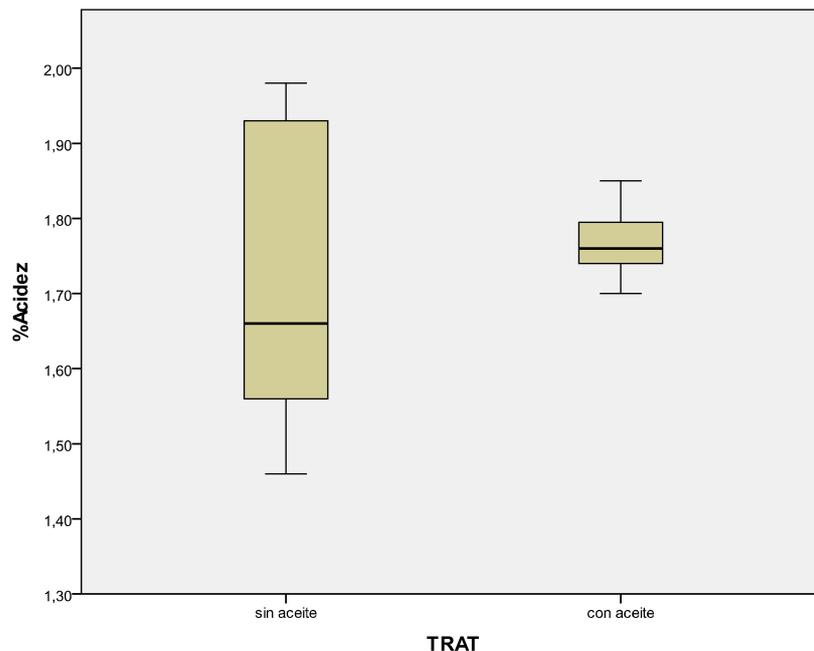


GRÁFICO N°23: VALOR DE ACIDEZ EN UVILLAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Al realizar el Análisis de Varianza de éste parámetro los resultados que se obtuvieron establecen una significancia de 0.040. Según la Prueba T para muestras independientes, nos demuestra claramente que el tratamiento con aceite esencial de canela, marca una clara diferencia con respecto a la fruta sin recubrimiento, mostrándonos que el valor de acidez decrece en menor proporción lo que favorece a mantener la calidad de la Uvilla y al incremento de su vida útil.

TABLA N°27: PRUEBA T DE MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA ACIDEZ UVILLA

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
%Acidez	Se han asumido varianzas iguales	92,228	,000	-2,097	71	,040	-,05594	,02668	-,10913	-,00275
	No se han asumido varianzas iguales			-1,541	24,904	,136	-,05594	,03630	-,13071	,01882

Fuente: Tesista

Los resultados mostrados en la Tabla anterior nos llevan a aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto concluimos que existen diferencias significativas en la disminución del % de Acidez de la Uvilla con recubrimiento de aceite esencial de canela y sin recubrimiento, lo que lleva a retardar la senescencia del producto.

6.6.3.4. Mohos y Levaduras

Se realizó el recuento microbiano de mohos y levaduras efectuándose siembras periódicas, constituyéndose este estudio en una de las respuestas experimentales de nuestro trabajo. En el reglamento sanitario de los alimentos está especificada la categoría de los productos hortícolas mínimamente procesados siendo el límite para el recuento de mohos y levaduras de 10^5 UFC/g(López 1999), observando que el recuento de mohos y levaduras luego del tratamiento de aceite esencial de canela, la carga microbiana se reduce de un valor inicial de 50UFC/g a un valor de 21UFC/g, (Tabla 10) se nota que el recuento de mohos y levaduras de la fruta tratada con aceite esencial está dentro de los límites específicos. (Gráfico N°24)

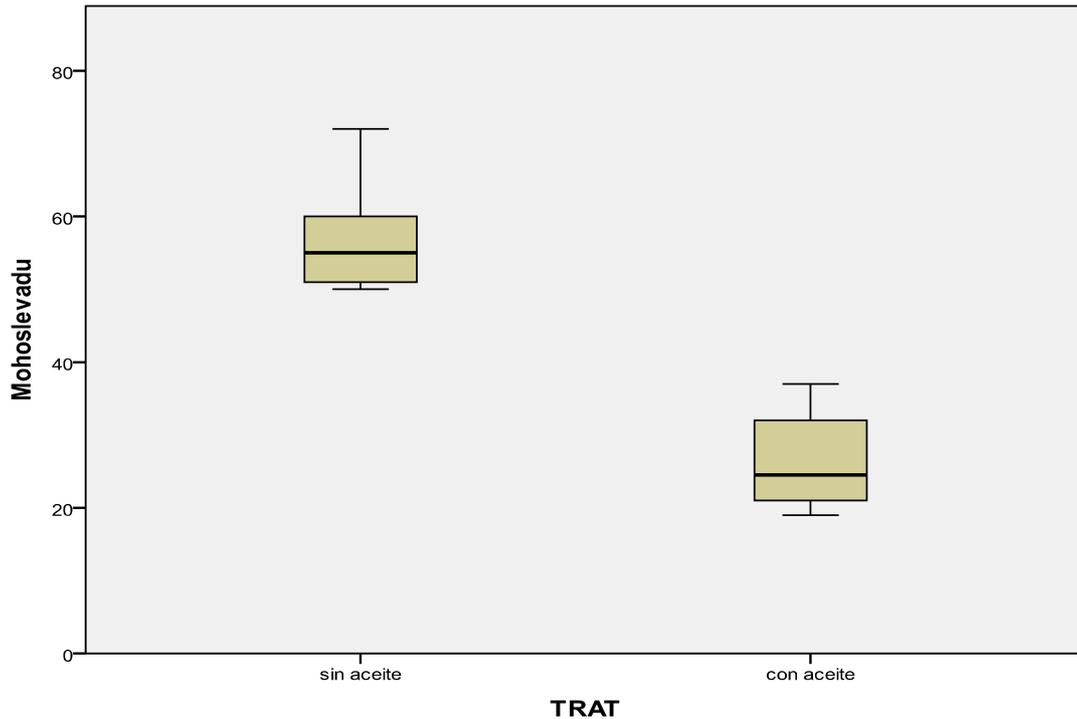


GRÁFICO N°24: MOHOS Y LEVADURAS (UFC/g) EN UVILLAS CON Y SIN RECUBRIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CANELA

Tenemos el Análisis de Varianza (Tabla N°28) en el cual podemos ver claramente que existe una significancia menor a 0.05 entre las uvillas sin recubrimiento y las uvillas tratadas con aceite esencial de canela en concentraciones de 250 y 500 ppm.

TABLA N°28: PRUEBA T DE MUESTRAS INDEPENDIENTES PARA MOHOS Y LEVADURAS EN UVILLA

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
Mohos levadu	Se han asumido varianzas iguales	1,465	,230	20,074	71	,000	30,278	1,508	27,270	33,285
	No se han asumido varianzas iguales			18,408	38,74	,000	30,278	1,645	26,950	33,605

Fuente: Tesista

Estos resultados permiten la aceptación la Hipótesis experimental de que el tratamiento con aceite esencial de canela posee un efecto antifúngico, ya que con estas condiciones se logra disminuir de una carga inicial de 50 UFC/g a una carga luego del tratamiento de 5s de 20 UFC/g disminuyendo el riesgo de alteraciones por acción de los microorganismos.

6.6.3.5. Evaluación Sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial de las uvillas recubiertas con aceite esencial de canela (250 y 500 ppm) realizada a los 7, 15, 21 y 30 días del almacenamiento en refrigeración (5°C) y temperatura ambiente (21°C) se encuentran reportados en la Tabla N° 25. Los atributos evaluados fueron color, olor, sabor y textura al tocar.

La aplicación de ambos tratamientos propuestos 250 y 500 ppm de aceite esencial de canela y en ambas condiciones de temperatura propuestas en esta investigación, mantienen las características de color, aroma, textura y sabor en el mismo nivel durante al menos 24 días lo que contrasta con los resultados obtenidos para las uvillas sin recubrimiento que únicamente fueron de 15 días a temperatura ambiente y de 20 días a temperatura de refrigeración.

Se puede determinar la diferencia de porcentaje de conservación de las características sensoriales en los tratamientos propuestos, observándose que en la fruta tratada con aceite esencial de canela se presenta un 62,16% de casos que conservan la calidad de las características sensoriales frente al 21,62% de casos en la fruta sin recubrimiento.

Analizando estadísticamente el nivel de conservación de las características sensoriales con la Prueba de Chi cuadrado, se puede observar que existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la fruta con recubrimiento de aceite esencial y la fruta sin recubrimiento.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio nos llevan a rechazar la Hipótesis nula y aceptar la Hipótesis experimental. Por lo tanto concluimos que existen diferencias significativas en la conservación de la calidad sensorial de la uvilla con recubrimiento de aceite esencial de canela en comparación con la uvilla sin recubrimiento, lo que lleva a incrementar la vida útil de la fruta manteniendo características aceptables de su calidad.

CAPÍTULO IV

7. CONCLUSIONES

1. El principal agente causal de la pudrición de las moras, frutillas y uvillas una vez recolectadas y listas para su almacenamiento es el hongo *Botrytis sp*
2. El aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), presentó un efecto antifúngico sobre *Botrytis sp*. A partir de la dosis mínima probada, 125 ppm, se presentó una inhibición del desarrollo del hongo. A partir de una concentración de 250 ppm del aceite esencial, se inhibió completamente el crecimiento de la colonia de *Botrytis sp*, por lo que este aceite es una alternativa atractiva para el control de enfermedades causadas por *Botrytis* en fruta fresca.
3. El aceite esencial de canela a 250 y 500 ppm (títulos de las soluciones testadas) presentó el mejor efecto antifúngico *in vitro*, inhibiendo el crecimiento micelial del *Botrytis sp*.
4. La aplicación del aceite esencial de Canela en concentraciones de 250 y 500 ppm retardó significativamente el aumento de pH a lo largo del período de almacenamiento a temperatura ambiente y de refrigeración con respecto al de la fruta control, manteniendo en mayor medida la acidez de la fruta.
5. La aplicación del aceite esencial de Canela sobre las frutas probadas retardó el crecimiento de mohos y levaduras presentando diferencias significativas con respecto al crecimiento de mohos y levaduras de la fruta sin recubrir.
6. La aplicación del aceite esencial de canela en una concentración de 500 ppm y en temperatura de refrigeración (5°C) logró incrementar la vida útil de las moras y las frutillas por un período de 15 días, en el caso de las uvillas el período de vida útil se prolongó hasta por 30 días manteniendo todas las características de la fruta fresca y su inocuidad. Es decir a mayor concentración de aceite esencial mayor es el tiempo de vida útil.

CAPÍTULO V

8. RECOMENDACIONES

1. Determinar si los frutos sufren alteraciones organolépticas al aplicarles Aceite esencial de Canela a concentraciones mayores.
2. Realizar pruebas con el aceite esencial de canela a diferentes concentraciones y en diferentes hongos causantes de la pudrición de frutas y verduras, para determinar su actividad antimicótica.
3. Evaluar el efecto antifúngico del aceite esencial de Canela en las diferentes etapas de desarrollo de las frutas analizadas para determinar el mayor poder conservante del aceite esencial de Canela.
4. Determinar la rentabilidad del uso del aceite esencial de Canela para combatir la pudrición blanda. Se recomienda estudiarse en un futuro trabajo el uso de extracto de Canela, sus ventajas y desventajas económicas para la comercialización dentro de Ecuador como conservante natural de frutas frescas.

CAPÍTULO VI

6. RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto antifúngico del aceite esencial de canela, conservante natural, con el propósito de prolongar la vida útil durante el almacenamiento de moras, uvillas y frutillas. El agente causal de la pudrición de moras, uvillas y frutillas es el *Botrytis sp* que fue aislado hasta obtenerse una cepa pura. Se evaluó el aceite esencial a dos concentraciones 250 y 500 ppm sobre el desarrollo *in vitro* de *Botrytis sp*. (crecimiento micelial). Se utilizaron frutos de moras, frutillas y uvillas para evaluar el efecto antifúngico del aceite esencial *in vivo* (días de conservación, parámetros físico – químicos, análisis microbiológico). Los resultados de los experimentos *in vitro* demostraron que los tratamientos más efectivos fueron obtenidos con el aceite esencial de canela a 250 y 500 ppm. Los experimentos *in situ* mostraron que el aceite esencial de canela a 500 ppm combinado con el almacenamiento de la fruta a temperatura de refrigeración (5°C) fue el tratamiento más efectivo para reducir la pudrición fúngica y la pérdida de las características de calidad de los frutos, logrando incrementar la vida útil de las moras y las frutillas por un período de 15 días, en el caso de las uvillas el período de vida útil se prolongó hasta por 30 días. Se concluye que el aceite esencial de canela posee un efecto antifúngico frente a *Botrytis sp* por lo que prolonga el periodo de vida útil de las frutas conservando su calidad y características. Por lo que se recomienda a los productores de mora, uvillas y frutillas el uso del aceite esencial de canela como una alternativa natural a los fungicidas sintéticos para controlar la pudrición de sus cultivos.

SUMMARY

The objective of the present investigation was evaluating the anti – fungus effect of the essential cinnamon oil, a natural conserver, to prolong the service life during blackberry, berry and Chilean strawberry storage. The cause – agent of the blackberry, berry and Chilean berry rotting is the *Botrytis sp* which was isolated up to obtaining a pure strain. The essential oil was evaluated at two concentrations, 250 and 1000 ppm over the in vitro development of *Botrytis sp* (mycelium growth). Blackberries, Chilean strawberries and berries were used to evaluate the anti – fungus effect of the essential oil in vivo (conservation days, physical and chemical, parameters and microbiological analysis). The results of the in vitro experiments showed that the most effective treatments were obtained with the essential cinnamon oil at 250 and 500ppm combined with the fruit storage at refrigeration temperature (5°C) was the most effective treatment to reduce fungus rotting and the loss of the fruit quality characteristics, resulting in an increase of the service life of the blackberries and berries for a period of 15 days; in the case of the Chilean strawberries the service life period was prolonged up to 30 days. It is concluded that the essential cinnamon oil has an anti – fungus effect against the *Botrytis sp*, this is why the service life of the fruit becomes longer keeping their quality and characteristics. The blackberry berry and Chilean strawberry producers are therefore recommended to use the essential cinnamon oil as natural alternative rather than the synthetic fungicides to control crop rotting.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

- (1). **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C.).** Oficial Methods of Analysis. 16a. Ed. Washington. D.C, A.O.A.C., 2000. pp. 376 – 384.
- (2). **ADAMS, M.R. y MOSS, M.O.** Microbiología de los Alimentos. Zaragoza, Acribia, 1997. 176 p.
- (3). **AGRIOS, G.N.** Fitopatología. México, Limusa, 1999. 838 p.
- (4). **AKGUL, A. y KIVANC, M.** Inhibitory Effect of Six Turkish Thymelike Spices on Some Common Food-Borne Bacteria. *Molecular Nutrition & Food*, octubre 2006, vol. 32, n°001, pp. 201-203.
- (5). **ALZAMORA, S.M.; et al.** Application of Combined Methods Technology in Minimally Processed Fruits. *Food Research International*, junio 2007, vol. 26, 12 p.
- (6). **BARRERA, L.** Actividad Antifúngica de Aceites Esenciales y sus Compuestos sobre el Crecimiento de *Fusarium* sp. Aislados de papaya (*Carica papaya*). *Revista Científica de la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad De Oriente*, septiembre 2008, vol. 8, n°3, pp. 33 – 44.
- (7). **BARRERA, L.; et al.** In Vitro Antifungal Activity of Essential Oils and Their Compounds on Mycelial Growth of *Fusarium Oxysporum* sp. *Plant Pathology Journal*, diciembre 2009, vol. 8, n°3, pp. 17-21.
- (8). **BEJARANO, W.** Manual de Mora (*Rubus glaucus* Benth). Quito - Ecuador, Proexant, 1992. pp. 6-12; 42-60.

- (9). **CALZADA, B. J.** Frutales Nativos. Lima, El Estudiante, 1980. 210 p.
- (10). **CARMONA, M.J.; et al.** Caracterización Fisicoquímica de Seis Materiales de Mora (*Rubus glaucus Benth*) Producidas en la Ciudad de Manizales. Agronomía Colombiana, julio/diciembre 2006, vol. 24, pp. 306 – 316.
- (11). **CHÁVEZ, A. y PAGUAY, I.** La Comercialización de Mora en el Ecuador. Quito - Ecuador, CFN - UNOCANT, 2003. 117 p.
- (12). **CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI).** Mora un Cultivo Promisorio. Exótica, mayo 2004, vol. 10, n°2, pp. 13-17
- (13). **DURAN T. y ARDONA, S.** Frigoconservación de las Frutas. Barcelona, AEDOS, 1974. 370 p.
- (14). **FRAZIER, W. y WESTHOFF, D.** Microbiología de los Alimentos. 3a. Ed. Zaragoza, Acribia, 1985. pp. 161 – 163.
- (15). **GALEANA, S. y MORALES V.** Preconservación de Durazno por Métodos Combinados: rehúso del jarabe y estabilidad de la fruta de empaque. Tesis de licenciatura en ingeniería de alimentos, Universidad de las Américas, Puebla, 2002
- (16). **GALVIS, J. y HERRERA, A.** Manejo Postcosecha de Mora. Bogotá, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 1995. pp. 8-34.
- (17). **GALVIS, J.A.** La Mora: manejo poscosecha de mora. Bogotá, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 1995. 45 p.
- (18). **GARCÍA, M.C.** La Agroindustria de la Mora: alternativas viables para los fruticultores. Tecnología para el Agro, febrero 2005, vol.1, n°2, pp. 15-17.

- (19). **GARCÍA, E.A.** Actividad Antifúngica de Aceites Esenciales de Canela (*Cinannmomum zeylanicum* Blume) y Orégano (*Origanum vulgare* L.) y su Efecto sobre la Producción de Aflatoxinas en Nuez Pecanera. *Revista Mexicana de Fitopatología*, enero/junio 2006, vol.24, n°1, pp. 8-12.
- (20). **HERNANDEZ, J.** Protección Vegetal. Andalucía, Comunidad Autónoma de Andalucía, 1991. 22 p.
- (21). **HERNANDEZ, M.** Cultivos de Exportación No Tradicionales. Barcelona, Temistocles, 1995. 80 p.
- (22). **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS.** Frutas Frescas: Fresa variedad Chandler, especificaciones. NTC4103. Bogotá: ICONTEC, 1997.
- (23). **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS.** Frutas Frescas: Mora de Castilla, especificaciones. NTC4106. Bogotá: ICONTEC, 1997
- (24). **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS.** Frutas Frescas: Uchuva, especificaciones. NTC4580. Bogotá: ICONTEC, 1997.
- (25). **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS.** Frutas y Hortalizas Frescas: Generalidades. NTC4105. Bogotá: ICONTEC, 1997. 5p.
- (26). **JAYAPRAKASHA G.K.** Antioxidant and Antimutagenic Activities of *Cinnamomum zeylanicum* Fruit Extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, diciembre 2007, vol.20, pp. 330–336.
- (27). **JAYAPRAKASHA, G.** Phenolic Constituents in the Fruits of *Cinnamomum zeylanicum* and Their Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural. Food Chemistry*, diciembre 2007, vol.54, pp. 1672-1679.
- (28). **KALEMBA, D.** Antibacterial and Antifungal Properties of Essential Oils. *Current Medicinal Chemistry*, mayo 2003, vol. 10, n°10, pp. 813-829

- (29). **KUBECZKA K. H.** Essential Oils Analysis by Capillary Gas Chromatography and Carbon-13 nmr Spectroscopy. 2a. Ed. Nueva York, John Wiley, 2002. 461 p.
- (30). **LEGGE, A. P.** Notes on History Cultivation and Uses of *Physalis peruviana* L. Journal of the Royal Horticultural Society, marzo 1994, vol. 99, n°7, pp. 310–314.
- (31). **MARTÍNEZ, A.** Manual del Cultivo de la Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth). 1a. Ed. Ambato - Ecuador, 2007. pp.7-30.
- (32). **MOLINAS, M.** Frigoconservación y Manejo de Frutas, Flores y Hortalizas. Barcelona, AEDOS, 1970. 209 p.
- (33). **MORETTA, E.** Identificación de Enfermedades y Plagas en el Cultivo de Mora (*Rubus sp.*). Proyecto de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Central del Ecuador, Quito, 1995, 2 p.
- (34). **MUÑOZ, D.** Naturaleza y Estructura de los Productos Vegetales Comestibles: etapas de la vida de los frutos y hortalizas. Madrid, Alhambra, 1984. 321 p.
- (35). **NARVAEZ, M. E.** Producción SIENA. Ambato – Ecuador, Agroapoyo, 2005. 165 p.
- (36). **OLÍAS, J.M.; et al.** Postcosecha de la Fresa de Huelva: principios básicos y tecnología. Sevilla, CSIC, 2008. pp. 162 – 165
- (37). **PASTASTICO, E. B.** Fisiología de la Postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. México, Continental, 1979. 663 p.

- (38). **SALTOS, A.** Investigación y Desarrollo de Tecnologías Aplicadas a la Conservación de Frutas – Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth). Ambato – Ecuador, FUNDACYT, 2001. pp. 74-94.
- (39). **SAN MARTIN, R.** Tratado de Farmacognosia. Barcelona, Científico Médica, 1997. 1121 p.
- (40). **TAMAYO, P.** Principales Enfermedades del Tomate de Árbol, la Mora y el Lulo en Colombia. CORPOICA Boletín Técnico, mayo 2003, vol. 2, n°12, pp. 16-25.
- (41). **TRUJILLO. J. P.** Aplicación de Elementos Intermitentes y Otros Coadyuvantes a la Conservación Frigorífica del Melocotón. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Facultad de Ciencias, España, 2007
- (42). **TSAO AND ZHOU.** Antifungal Activity of Monoterpenoids Against Postharvest Pathogens *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructicola*. Journal Essential Oil Research, marzo 2000, vol.12, pp.113–121
- (43). **VELLUTI A.; et al.** Inhibitory Effect of Cinnamon, Clove, Lemongrass, Oregano and Palmarose Essential Oils on Growth and Fumonisin B1 Production by *Fusarium proliferatum* in Maize Grain. International Journal of Food Microbiology, febrero 2006, vol.1. pp 89, 145-15.
- (44). **WILLS, R.; et al.** Introducción a la Fisiología y Manipulación Postcosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales. 2a. Ed. Zaragoza, ACRIBIA, 1998. pp. 29-100, 130-159, 189-198, 203-209.

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

- (45). **CANELA (*Cinnamomun zeynalicum*)**
www.hipernatural.com/es/pltcanela.htm.
2010/07/30

(46). **COSECHA DE LA FRUTILLA**

http://www.inta.gov.ar/famailla/frutilla/info/cosecha_postcosecha.htm.

2010/08/25

(47). **“CRECEN MERCADOS DE LA FRUTILLA”**. Diario Hoy [Quito – Ecuador], 22 de Agosto del 2009, Sec. 5 p.4 [en línea]

<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador.html>.

2010/08/25

(48). **CULTIVO DE LA FRUTILLA O FRESA**

<http://www.ingenieriaagricola.cl/downloads/frutillas.pdf>.

2010/10/01

(49). **EL CULTIVO DE MORA EN ECUADOR**, Fernández, X., 2007, SICA.

<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/nuevos%20exportables/mora/cultivo.htm>.

2010/08/25

(50). **FICHA TÉCNICA PARA EL CULTIVO DE LA FRESA.**

http://www.siraarequipa.com.pe/tecnicas/ficha_fresa.htm.

2010/09/04

(51). **FRESA**

<http://www.domotica.us/Fresa>.

2010/10/08

(52). **FRUTAS MORA**

<http://www.infoagro.com/frutas/mora.htm>

2010/09/15

(53). **FRUTILLA**

<http://www.hipernatural.com/es/pltfrutilla.html>

2010/07/26

- (54). **INSECTOS PLAGAS Y BENÉFICOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE MORA (*RUBUS GLAUCUS BENTH*)**. Jiménez, E., Amador, F. y Tijerino, N., 2006, <http://www.uca.edu.ni/publicaciones/encuentro/e75/E75T3.html>.
2010/08/30
- (55). **INTRODUCCIÓN A LA ESTADÍSTICA**
www.aprendeonline.udea.edu.co.
2010/10/01
- (56). **LOS CONSERVANTES EN LOS ALIMENTOS**
<http://www.alimentacionsana.com.ar/nuevo/actualizaciones/conservantes.htm>
2010/10/01
- (57). **MANUAL DE LA FRUTILLA**
http://www.proexant.org.ec/Manual_Frutilla_2.html
2010/09/26
- (58). **MORA DE CASTILLA**
http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_mora_indice.html
2010/09/27
- (59). **MORA DE CASTILLA**
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652006000200014&lng=en&nrm=iso
2010/09/25
- (60). **MORA DE CASTILLA**
www.mora.es/mora/nuestroaceite.php
2010/09/15
- (61). **MORA**
http://es.wikipedia.org/wiki/Rubus_glaucus
2010/08/27

(62). **MORA**

<http://www.cinvestav.mx/Portals/0/Publicaciones%20y%20Noticias/Revistas/Avance%20y%20perspectiva/sepoct02/12%20DESHIDRATAACION.pdf>
2010/08/27

(63). **MORA**

www.ima.gob.pa/downloads/Ficha%20de%20La%20Mora.pdf
2010/08/27

(64). **MORAS - GUÍA DE FRUTAS** Grupo EROSKI 2006,

<http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/mora/intro.php>.
2010/08/15

(65). **PRODUCCIÓN DE MORA DE CASTILLA** Ardila, N. y Luis, R., 2001

<http://www.agriculturasensitiva.com/mora.htm>
2010/09/27

(66). **PROPIEDADES DE LA ESPECIA CANELA EN RAMA**

<http://82/canelaenrama.htm>.
2010/07/25

(67). **UVILLA**

<http://www.sica.gov.ec>.
2010/08/27

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

ANEXO 1: FOTOGRAFÍAS DE LA PARTE EXPERIMENTAL



Frutillas con Hongos para la identificación de los causantes de la podredumbre



Frutillas con Hongos para la identificación de los causantes de la podredumbre



Uvillas con Hongos para la identificación de los causantes de la podredumbre



Preparación del Medio PDA



Preparación del Medio adicionado de aceite esencial de Canela



Botrytis sp. Encontrado en la pudrición de las frutas

ANEXO 2: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA *IN VITRO* DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE EL *Botrytis spp*

TABLANº29: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis sp* EN CA_{1i} (125PPM)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{1i}	3	Sin desarrollo
CA _{1i}	4	Sin desarrollo
CA _{1i}	5	Sin desarrollo
CA _{1i}	6	Sin desarrollo
CA _{1i}	7	Sin desarrollo
CA _{1i}	15	Sin desarrollo

TABLANº30: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis sp* en CA_{1ii} (125ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{1ii}	3	Sin desarrollo
CA _{1ii}	4	Sin desarrollo
CA _{1ii}	5	Sin desarrollo
CA _{1ii}	6	Sin desarrollo
CA _{1ii}	7	Sin desarrollo
CA _{1i}	15	Sin desarrollo

TABLANº31: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{2i} (250ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{2i}	3	Sin desarrollo
CA _{2i}	4	Sin desarrollo
CA _{2i}	5	Sin desarrollo
CA _{2i}	6	Sin desarrollo
CA _{2i}	7	Sin desarrollo
CA _{2i}	15	Sin desarrollo

TABLANº32: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{2ii} (250ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{2ii}	3	Sin desarrollo
CA _{2ii}	4	Sin desarrollo
CA _{2ii}	5	Sin desarrollo
CA _{2ii}	6	Sin desarrollo
CA _{2ii}	7	Sin desarrollo
CA _{2ii}	15	Sin desarrollo

TABLANº33: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{3i} (500ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{3i}	3	Sin desarrollo
CA _{3i}	4	Sin desarrollo
CA _{3i}	5	Sin desarrollo
CA _{3i}	6	Sin desarrollo
CA _{3i}	7	Sin desarrollo
CA _{3i}	15	Sin desarrollo

TABLANº34: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{3ii} (500ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{3ii}	3	Sin desarrollo
CA _{3ii}	4	Sin desarrollo
CA _{3ii}	5	Sin desarrollo
CA _{3ii}	6	Sin desarrollo
CA _{3ii}	7	Sin desarrollo
CA _{3ii}	15	Sin desarrollo

TABLAN°35: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{4i} (1000ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{4i}	3	Desarrollo
CA _{4i}	4	Desarrollo
CA _{4i}	5	Desarrollo
CA _{4i}	6	Desarrollo
CA _{4i}	7	Desarrollo

TABLAN°36: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{4ii} (1000ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{4ii}	3	Sin desarrollo
CA _{4ii}	4	Desarrollo
CA _{4ii}	5	Desarrollo
CA _{4ii}	6	Desarrollo
CA _{4ii}	7	Desarrollo

TABLAN°37: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{5i} (2000ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{5i}	3	Desarrollo
CA _{5i}	4	Desarrollo
CA _{5i}	5	Desarrollo
CA _{5i}	6	Desarrollo
CA _{5i}	7	Desarrollo

TABLAN°38: RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD FUNGICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*Cinnamomum zeylanicum*) SOBRE *Botrytis spp* en CA_{5ii} (2000ppm)

Identificación	Días	Actividad fungicida
CA _{5ii}	3	Desarrollo
CA _{5ii}	4	Desarrollo
CA _{5ii}	5	Desarrollo
CA _{5ii}	6	Desarrollo
CA _{5ii}	7	Desarrollo

ANEXO 3:

RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (CINNAMOMUM ZEYLANICUM) *IN VIVO*, POR EL MÉTODO DE INMERSIÓN

SOBRE MORA (*Rubus glaucus*)

TABLANº39: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T1 (250PPM; 21°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T1_i	12	10
T1_{ii}	12	10
T1_{iii}	11	10
Total	35	
Promedio	11,67	

TABLANº40: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T2 (250PPM; 5°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T2_i	14	10
T2_{ii}	15	10
T2_{iii}	15	10
Total	43	
Promedio	14,67	

TABLANº41: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T3 (500 PPM; 21°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T3_i	13	10
T3_{ii}	12	10
T3_{iii}	12	10
Total	37	
Promedio	12,33	

TABLANº42: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T4 (500 PPM; 5°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T4 _i	15	10
T4 _{ii}	15	10
T4 _{iii}	16	10
Total	46	
Promedio	15,33	

SOBRE FRUTILLA (*Fragaria sp*)

TABLANº43: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T1 (250PPM; 21°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T1 _i	13	10
T1 _{ii}	13	10
T1 _{iii}	15	10
Total	41	
Promedio	13,66	

TABLANº44: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T2 (250PPM; 5°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T2 _i	15	10
T2 _{ii}	14	10
T2 _{iii}	15	10
Total	44	
Promedio	14,67	

TABLANº45: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T3 (500 PPM; 21°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T3 _i	15	10
T3 _{ii}	15	10
T3 _{iii}	15	10
Total	45	
Promedio	15	

TABLANº46: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T4 (500 PPM; 5°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T4 _i	16	10
T4 _{ii}	16	10
T4 _{iii}	15	10
Total	47	
Promedio	15,67	

SOBRE UVILLA (*Physalis peruviana L.*)

TABLANº47: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T1 (250PPM; 21°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T1 _i	21	10
T1 _{ii}	21	10
T1 _{iii}	23	10
Total	65	
Promedio	21,67	

TABLANº48: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T2 (250PPM; 5°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T2 _i	28	10
T2 _{ii}	30	10
T2 _{iii}	28	10
Total	86	
Promedio	28,67	

TABLANº49: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T3 (500 PPM; 21°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T3 _i	23	10
T3 _{ii}	23	10
T3 _{iii}	21	10
Total	67	
Promedio	22,33	

TABLA N°50: RESULTADOS DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE CANELA (*cinnamomum zeylanicum*) TRATAMIENTO T4 (500 PPM; 5°C).

Identificación	Días antes de la aparición de los hongos	Color, Olor, Textura, Sabor
T4_i	30	10
T4_{ii}	30	10
T4_{iii}	30	10
Total	90	
Promedio	30	

ANEXO 4:

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA FRUTAS FRESCAS. NTC 4106 1997-04-16 MORA DE CASTILLA ESPECIFICACIONES

ANEXO 5:

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA
FRUTAS FRESCAS.**

NTC COLOMBIANA 4103

1997-04-16

FRESA VARIEDAD CHANDLER

ESPECIFICACIONES

ANEXO 6:

**NORMA TÉCNICA COLOMBIANA
FRUTAS FRESCAS.**

NTC 4580

1999-02-17

UCHUVA. ESPECIFICACIONES